Deutscher Bundestag **Drucksache 18/11972**

18. Wahlperiode 13.04.2017

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Unterrichtung

durch die Bundesregierung

Bundesbericht Energieforschung 2017

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	**Forschungsförderung für die Energiewende**	4
1.1	Das Energieforschungsprogramm der Bundesregierung	4
1.1.1	Ziele und Erfolge	4
1.1.2	Ressortaufgaben	5
1.1.3	Mittelentwicklung	5
1.1.4	Evaluation und Erfolgskontrollen	5
1.2	Strukturen der Energieforschungspolitik	6
1.2.1	Energiewende-Plattform Forschung und Innovation und Forschungsnetzwerke Energie	6
1.2.2	Forschungsforum Energiewende	6
1.2.3	Akademienprojekt „Energiesysteme der Zukunft“	7
1.2.4	Zentrales Informationssystem Energieforschung	7
1.3	Europäische und internationale Vernetzung	7
1.3.1	Europäische Kooperationen	7
1.3.2	Internationale Kooperationen	8
1.4	Nationale Vernetzung	10
2.	**Projektförderung im 6. Energieforschungsprogramm**	11
2.1	Energieumwandlung	11
2.1.1	Photovoltaik	11
2.1.2	Windenergie	13
2.1.3	Bioenergie	14
2.1.4	Tiefe Geothermie	16
2.1.5	Kraftwerkstechnologien	17

Zugeleitet mit Schreiben des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie vom 12. April 2017.

Seite

2.1.6 Brennstoffzellen und Wasserstoff ... 18
2.1.7 Solarthermische Kraftwerke ... 20
2.1.8 Wasserkraft und Meeresenergie ... 21

2.2 Energieverteilung und Energienutzung ... 21
2.2.1 Speicher ... 21
2.2.2 Netze ... 24
2.2.3 Energieeffizienz in Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen ... 26
2.2.4 Energie in Gebäuden und Quartieren ... 27
2.3 Systemorientierte Energieforschung und Querschnittsthemen ... 29
2.3.1 Systemanalyse ... 29
2.3.2 Forschungsallianz Energiewende in der IGF ... 30
2.3.3 Sektorkopplung: Energiewende im Verkehr ... 31
2.3.4 Kopernikus-Projekte ... 31
2.3.5 Carbon2Chem ... 31
2.3.6 Gesellschaftsverträgliche Transformation des Energiesystems ... 32
2.3.7 Materialforschung für die Energiewende ... 33
2.3.8 Energy Lab 2.0 ... 33
2.3.9 Informationsverbreitung ... 34

2.4 Fusionsforschung ... 34

2.5 Nukleare Sicherheitsforschung ... 35
2.5.1 Reaktorsicherheitsforschung ... 36
2.5.2 Endlager- und Entsorgungsforschung ... 37
2.5.3 Strahlenforschung ... 39

3. Institutionelle Energieforschung der HGF ... 40

4. Weitere Förderaktivitäten ... 42

4.1 Aktivitäten der Bundesregierung außerhalb des Energieforschungsprogramms ... 42
4.1.1 Förderprogramm SINTEG ... 42
4.1.2 Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie NIP ... 42
4.1.3 EnEff.Gebäude.2050 – Innovative Vorhaben für den nahezu klimaneutralen Gebäudebestand 2050 ... 43
4.1.4 Forschungscampus – öffentlich-private Partnerschaft für Innovationen ... 43
4.1.5 Vom Material zur Innovation ... 44

4.2 Forschungsförderung der Bundesländer ... 44

4.3 Forschungsrahmenprogramm der Europäischen Union ... 46

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Seite

5. Tabellen 49

5.1 Fördermittel für Energieforschung der Bundesregierung..... 49

5.2 Fördermittel für Energieforschung der Bundesländer..... 55

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

1. Forschungsförderung für die Energiewende

Innovationen bereiten den Weg für die Welt von morgen. Gerade für die Energiewende in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr sind sie ein unverzichtbarer Baustein. Bis 2050 soll die Energieeffizienz erheblich gesteigert werden und mindestens 80 Prozent des verbliebenen Energiebedarfs aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden. Die Grundlage dafür liefern exzellente Forschung und Entwicklung.

In Deutschland stammt mittlerweile fast ein Drittel des Stroms aus Wind-, Solar-, Wasser- oder Biomasseanlagen. Damit sind erneuerbare Energien die wichtigste Stromquelle. Gleichzeitig ist der Primärenergieverbrauch in den letzten Jahren spürbar gesunken, im Zeitraum 2008 bis 2014 um 8,3 Prozent. Eine Vielzahl an Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten engagierter Universitäten, Hochschulen, Forschungsinstitute und Unternehmen hat die Grundlage für diese Erfolge geliefert. Die Bundesregierung unterstützt dieses Bemühen mit umfangreichen Fördermaßnahmen. Denn ohne weitere Innovationen werden die langfristigen energie- und klimapolitischen Ziele kaum zu erreichen sein. Die Grundlage hierfür bildet das nunmehr 6. Energieforschungsprogramm. In den vergangenen 40 Jahren, beginnend mit dem 1. Energieforschungsprogramm aus dem Jahr 1977, wurden über 17.300 Projekte durch die Bundesregierung gefördert.

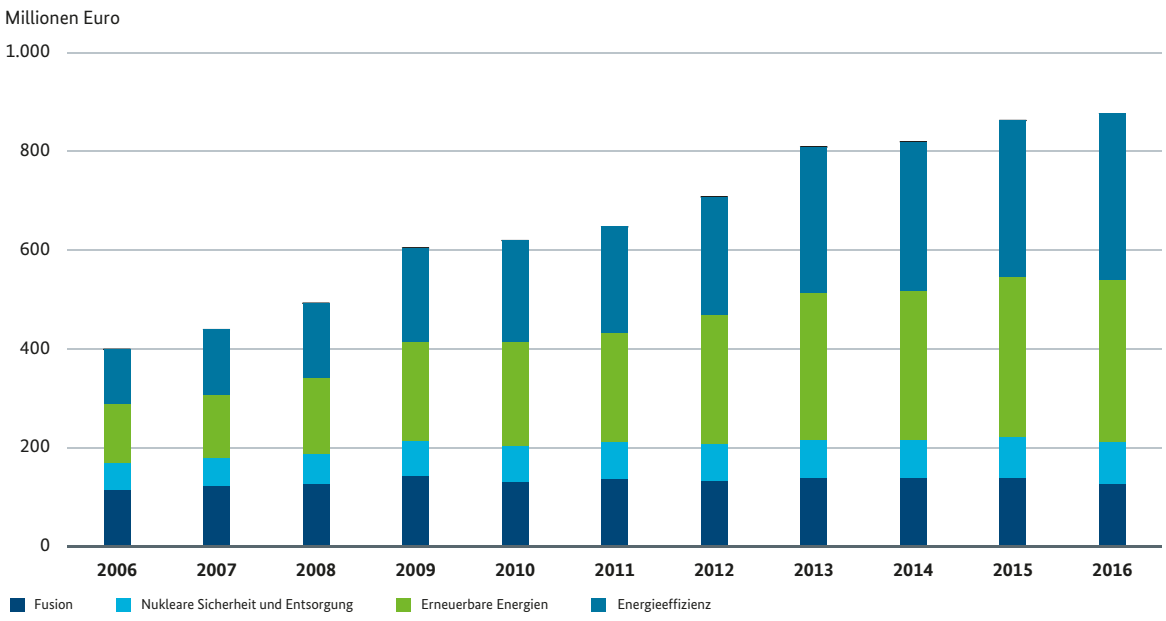
1.1 Das Energieforschungsprogramm der Bundesregierung

Das 6. Energieforschungsprogramm ist die Basis für die Förderung von Forschung, Entwicklung und Demonstration im Energiebereich. Das Programm, das 2011 durch das Kabinett verabschiedet wurde, ist ein wichtiges Element der Energiepolitik der Bundesregierung und auf die Ziele der Energiewende ausgerichtet. Die umfassende Projektförderung unterstützt zahlreiche Aktivitäten der Spitzenforschung in Deutschland im Bereich der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz.

1.1.1 Ziele und Erfolge

Das Energieforschungsprogramm ist ein wichtiger Beitrag der Bundesregierung zum Umbau des Energiesystems, um eine zuverlässige, wettbewerbsfähige und auf erneuerbaren Energien basierende Strom- und Wärmeversorgung mit nachhaltiger Mobilität sicherzustellen. Dabei setzt die Bundesregierung auf eine langfristig angelegte Förderpolitik, die gleichzeitig die notwendige Dynamik und Flexibilität bietet, um innovative, umweltfreundliche und bezahlbare Anwendungen, Produkte und Konzepte entstehen zu lassen.

Abbildung 1: Übersicht der Themen im Energieforschungsprogramm des Bundes
(Daten siehe Tabelle 1)



Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Die Energiewende wird damit weltweit zu einer Erfolgsmarke „Made in Germany“. Im Energieforschungsprogramm setzt der Bund mit Förderbekanntmachungen und -aufrufen die Leitlinien für die Förderung moderner Energietechnologien, innovativer Effizienzlösungen und optimierter Systeme um.

1.1.2 Ressortaufgaben

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) ist als federführendes Ressort innerhalb der Bundesregierung für die Koordinierung, die programmatische Ausrichtung und die Weiterentwicklung des Energieforschungsprogramms verantwortlich. Ende 2016 hat das BMWi den Konsultationsprozess zur Vorbereitung des 7. Energieforschungsprogramms gestartet, um die Förderpolitik konsequent entlang der Ziele und Vorgaben der Energiewende neu zu justieren und die bereits erzielten Fortschritte zu festigen und auszubauen.

An der Umsetzung des Programms sind zudem das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) beteiligt. Die Ressorts decken mit ihrer Forschungsförderung die gesamte Innovationskette, von der energietechnologischen Grundlagenforschung bis hin zur anwendungsorientierten Forschung, Entwicklung und Demonstration, sowie gesellschaftliche Aspekte ab. Auf diese Weise unterstützt die Projektförderung den Transfer vielversprechender Ansätze in wettbewerbsfähige, bezahlbare, umweltschonende und zuverlässige Zukunftslösungen für die Energiewende.

Für die projektorientierte Grundlagenforschung in den Bereichen Energieeffizienz, Erneuerbare Energien, Nukleare Sicherheit, Entsorgung, Strahlenforschung und Fusion ist das BMBF zuständig. Das BMWi verantwortet die anwendungsorientierte Forschung, Entwicklung und Demonstration für das gesamte Spektrum des Energiesystems von der Erzeugung durch erneuerbare und konventionelle Energieanlagen über den Transport, die Verteilung und die Speicherung von Energie bis hin zur hocheffizienten Energienutzung in verschiedenen Sektoren. Zudem ist das BMWi für die Projektförderung in der Nuklearen Sicherheitsforschung federführend zuständig. Die Projektförderung der Bioenergieforschung setzt das BMEL um.

Hinzu kommt die institutionelle Förderung der Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF) und der Fraunhofer-Gesellschaft, der Max-Planck-Gesellschaft und der Leibniz-Gemeinschaft. Diese fallen in die Zuständigkeit des BMBF. Das BMWi ist für die institutionelle Förderung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) verantwortlich.

1.1.3 Mittelentwicklung

Forschung und Entwicklung sind zentrale Bausteine für den langfristigen Erfolg der Energiewende. Daher hat die Bundesregierung ihr Engagement weiter ausgebaut und den positiven Trend des Mittelaufwuchses aus den vergangenen Jahren auch in 2016 zielgerichtet fortgesetzt. Insgesamt wurden für die Energieforschung 2016 rund 875,98 Millionen Euro Fördermittel des Bundes eingesetzt (vgl. Übersicht in Abb. 1). Im Jahr 2015 waren es 862,73 Millionen Euro. Der thematische Fokus der Förderung von Forschung und Entwicklung lag auf den erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz mit einem Anteil von rund drei Vierteln aller eingesetzten Mittel.

Insgesamt hat die Bundesregierung seit Beginn der Projektförderung mit ihrem 1. Energieforschungsprogramm 1977 rund 12 Milliarden Euro[1] in Forschung und Entwicklung investiert und damit den Wirtschaftsstandort Deutschland, die Schaffung qualifizierter Arbeitsplätze, die Wettbewerbsfähigkeit und die Exportchancen deutscher Unternehmen nachhaltig gestärkt.

Die Zahlen zur Projektförderung in diesem Bericht sind auch über EnArgus (www.enargus.de), das zentrale Informationssystem Energieforschung des BMWi, transparent nachvollziehbar.

1.1.4 Evaluation und Erfolgskontrollen

Die Wirksamkeit der Förderung von Spitzenforschung zeigt sich durch den erfolgreichen Transfer von Ergebnissen in die Praxis. Doch neben sichtbaren marktfähigen Anwendungen und Produkten oder umgesetzten Konzepten sind auch wissenschaftlich-technische Evaluationen ein wertvolles Instrument für die Bewertung von Fördermaßnahmen und für Empfehlungen für künftige Aktivitäten. Darüber hinaus

1 Inflationsbereinigt in etwa 15 Milliarden Euro (Basisjahr 2010)

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

unterstützen Evaluationen und Erfolgskontrollen die Transparenz der Forschungsförderung durch die Bundesregierung – ein wesentliches Ziel des 6. Energieforschungsprogramms. Dementsprechend führen die beteiligten Bundesressorts Kontrollmaßnahmen dieser Art regelmäßig durch und überprüfen so die Effizienz und die Wirksamkeit der umgesetzten Förderaktivitäten.

Zur gemeinsamen Förderinitiative Energiespeicher des BMWi und BMBF wurde 2015 der Projektträger Jülich mit der Durchführung einer begleitenden Erfolgskontrolle beauftragt, um die Zielerreichung der Fördermaßnahme valide einschätzen zu können. Nach einem ersten Zwischenbericht im Juni 2016 werden die abschließenden Schlussfolgerungen und Empfehlungen im Frühjahr 2017 vorliegen. Die Untersuchung hat jedoch bereits gezeigt, dass die eingesetzten 186 Millionen Euro Fördervolumen relevante Weiterentwicklungen von der grundlagenorientierten Materialforschung bis hin zur anwendungsnahen Demonstration angeregt haben. Hemmnisse für eine Markteinführung konnten verringert, wenn auch nicht beseitigt werden. Positiv hervorzuheben sind Erfolge bei der Verbesserung der Kooperation zwischen Wissenschaft und Wirtschaft auf dem Gebiet der Energiespeicher – ein wesentliches Ziel der Förderinitiative.

1.2 Strukturen der Energieforschungspolitik

Neben der Projektförderung setzt die Bundesregierung auf einen intensiven und transparenten Dialog mit den Akteuren der Energieforschung. Auf diese Weise wird der Praxisbezug der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten sichergestellt und der Transfer vom Labor in die Praxis beschleunigt.

1.2.1 Energiewende-Plattform Forschung und Innovation und Forschungsnetzwerke Energie

Die Energiewende-Plattform Forschung und Innovation (kurz: FuI-Plattform) ist eine der fünf Energiewende-Plattformen des BMWi und dient als strategisches Beratungsgremium zu übergreifenden Fragen der Energieforschungspolitik. Die Plattform bildet die Basis für einen intensiven Dialog- und Partizipationsprozess zwischen allen Akteuren der Innovationskette. Als beratendes Gremium mit Akteuren aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft ist die Plattform Teil des Konsultationsprozesses zur strategischen Ausrichtung der Energieforschung. Auf diese Weise sollen die vielfältigen Forschungsaktivitäten in Deutschland gestärkt und vernetzt werden, um die Weiterentwicklung und zügige Markteinführung neuer Energietechnologien und innovativer Verfahren noch effizienter zu gestalten. Das Plenum der FuI-Plattform führt daher alle relevanten Interessengruppen zusammen. Hierzu zählen Vertreter aus Verbänden, forschenden Unternehmen, Forschungsinstituten und der beteiligten Ressorts in Bund und Ländern. Das Plenum tagt zwei Mal im Jahr und diskutiert aktuelle Entwicklungen aus den Forschungsnetzwerken Energie sowie wesentliche Ergebnisse aus den Ad-hoc-Arbeitsgruppen.

Tragende Struktur der FuI-Plattform sind die sieben Forschungsnetzwerke Energie. Sie sind offen, themenorientiert und werden durch die Forschungsakteure selbst organisiert. Mit dem Forschungsnetzwerk Erneuerbare Energien und dem Forschungsnetzwerk Energie in Industrie und Gewerbe wurden in 2016 zwei neue Elemente hinzugefügt. Ferner sind zu nennen: das Forschungsnetzwerk Energie in Gebäuden und Quartieren, das Forschungsnetzwerk Stromnetze, das Forschungsnetzwerk Energiesystemanalyse, das Forschungsnetzwerk Energetische Biomassenutzung sowie das Forschungsnetzwerk Flexible Energieumwandlung, das eine Weiterentwicklung der bisherigen Forschungsinitiative COORETEC darstellt. Insgesamt engagieren sich mehr als 2.000 Akteure in den Forschungsnetzwerken Energie und diskutieren gemeinsame Herausforderungen, Trends und Entwicklungen in ihren Themenfeldern. Die Zusammenarbeit innerhalb der Netzwerke erfolgt innerhalb von Arbeitsgruppen und regelmäßigen Konferenzen.

Innerhalb des Konsultationsprozesses für das 7. Energieforschungsprogramm übernehmen die Energiewende-Plattform Forschung und Innovation sowie die Forschungsnetzwerke Energie eine wichtige Rolle als beratende Impulsgeber.

1.2.2 Forschungsforum Energiewende

Für die Umsetzung der Energiewende sind anzugehende Schlüsselfragen und Forschungsbedarfe zu sammeln, zu bewerten und aufzubereiten. Dies ist Aufgabe des Forschungsforums Energiewende. Das BMBF führt unter Beteiligung aller Ressorts im Forschungsforum Energiewende hochrangige Akteure aus Politik, Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft zusammen. Gemeinsam diskutieren und bewerten sie wissenschaftsbasierte Handlungsoptionen, die das Akademienprojekt „Energiesysteme der Zukunft“ (siehe Kapitel 1.2.3) erarbeitet hat.

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Zentrales Ergebnis der Arbeit des Forschungsforums Energiewende sind die vier Kopernikus-Projekte, in denen aktuell Schlüsselthemen der Energiewende bearbeitet werden. Die Projekte sind eine wichtige Forschungsinitiative zur Umsetzung der Energiewende (siehe Kapitel 2.3.4).

1.2.3 Akademienprojekt „Energiesysteme der Zukunft“

Das Akademienprojekt „Energiesysteme der Zukunft“ wird gemeinsam getragen durch die deutschen Wissenschaftsakademien. Die in Deutschland vorhandene wissenschaftliche Expertise zu Energiefragen wird darin interdisziplinär gebündelt. In disziplinenübergreifenden Arbeitsgruppen erarbeiten mehr als 100 Expertinnen und Experten Handlungsoptionen für den Umbau der Energieversorgung in Deutschland.

Neben Fragen der prinzipiellen Machbarkeit von Technologien für Bereitstellung, Transport und Speicherung von Energie werden auch ökonomische, ökologische, rechtliche sowie soziale Aspekte betrachtet. Charakteristisch ist eine systemische Herangehensweise, bei der immer auch der Blick über die Grenzen Deutschlands hinweg gerichtet ist.

Die bisherige Bilanz umfasst zehn Publikationen zu drängenden Herausforderungen der Energiewende, unter anderem „Flexibilisierungskonzepte“ sowie „Rohstoffe für die Energieversorgung der Zukunft“. Die wissenschaftlichen Ausarbeitungen sind im Forschungsforum Energiewende debattiert worden. Sie bilden die Grundlagen für die Erarbeitung von Lösungen zur Transformation des Energiesystems.

Neue Themen, wie Verbraucherpolitik, Vernetzung von Strom, Wärme und Verkehr (Sektorkopplung), Verteilungseffekte in der Energiewende und Energieunion, sind bereits angeschoben worden.

Die Akademien führen Jahresveranstaltungen zu aktuellen Fragestellungen durch und stellen der Öffentlichkeit ihre Ergebnisse vor. Im Jahr 2016 lautete das Motto „Wie gelingt das Gemeinschaftswerk?“. Mehr als 150 Stakeholder haben hieran teilgenommen.

1.2.4 Zentrales Informationssystem Energieforschung

Transparenz ist ein wesentliches Ziel des 6. Energieforschungsprogramms und ein wichtiger Eckpfeiler der Energieforschungspolitik. Das zentrale Informationssystem EnArgus (www.enargus.de) bietet einen umfassenden Einblick in die vielfältigen projektspezifischen Energieforschungsaktivitäten der Bundesregierung seit 1977. Das System bildet mehr als 24.000 geförderte Forschungsvorhaben in der Energieforschung ab und ermöglicht so einen detaillierten Überblick über die Aktivitäten des Bundes seit Beginn der zielgerichteten Förderung im Rahmen der Energieforschungsprogramme. Neben den einzelnen Projekten informiert ein Wiki über die verschiedenen Energiethemen, -technologien und Fachbegriffe.

Das webbasierte Portal gliedert sich in zwei Ebenen. Einerseits die öffentlich zugängliche Webseite für alle interessierten Nutzerinnen und Nutzer. Diese gibt Einblick in die förderpolitischen Leitlinien, die verschiedenen Energie- und Effizienztechnologien und die Förderprojekte. Andererseits bietet EnArgus Politik, Behörden und Projektträgern einen vertieften, einheitlichen und zentralen Zugang zur Energieforschungslandschaft in Deutschland.

1.3 Europäische und internationale Vernetzung

Die internationale Zusammenarbeit ist ein wichtiger Baustein für erfolgreiche Innovationen aus Forschung und Entwicklung. Deshalb setzt sich die Bundesregierung für einen länderübergreifenden Austausch auf europäischer und weltweiter Ebene ein. Auf dem G7-Gipfel 2016 in Japan haben die Teilnehmerstaaten erneut die Bedeutung der Energieforschung für die Bewältigung globaler Herausforderungen bei der Transformation der Energiesysteme und dem Sichern einer bezahlbaren Versorgung bekräftigt (G7 Ise-Shima Leaders’ Declaration). Die Bundesregierung unterstreicht dieses Bekenntnis durch ihr vielfältiges internationales Engagement. Die Kooperation erfolgt dabei überwiegend innerhalb der Europäischen Union (EU) und der Internationalen Energieagentur (IEA) sowie über einzelne bi- oder multilaterale Initiativen.

1.3.1 Europäische Kooperationen

Die Grundlage für die Förderung von Forschung und Entwicklung innerhalb der Europäischen Union liefert das Europäische Rahmenprogramm für Forschung und Innovation „Horizont 2020“ (siehe Kapitel 4.3). Ziel ist es, die wissenschaftliche Exzellenz zu fördern, die führende Rolle der Industrie auszubauen sowie die Bewältigung großer gesellschaftlicher Herausforderungen – darunter auch das Thema „Sichere, saubere und effiziente Energie“ – zu unterstützen. Insgesamt umfasst „Horizont 2020“ ein Budget von

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

rund 80 Milliarden Euro für die nichtnukleare Energieforschung über die Laufzeit des Programms von 2014 bis 2020. Davon sind für die gesellschaftliche Herausforderung „Sichere, saubere und effiziente Energie“ rund 6 Milliarden Euro vorgesehen. Auf die Fördermittel können sich Antragsteller über jährliche Ausschreibungen bei der Europäischen Kommission bewerben. Ein besonders hohes Fördervolumen in Höhe von rund 350 Millionen Euro wurde in 2016 für den Themenbereich „Wettbewerbsfähige, kohlenstoffarme Energietechnologien“ bereitgestellt.

Die Bundesregierung fördert ein Netzwerk aus sogenannten „Nationalen Kontaktstellen (NKS)“, die Antragsteller über die Fördermöglichkeiten und über Modalitäten der Antragstellung im Rahmen von „Horizont 2020“ beraten. Für den Energiebereich arbeitet die „NKS Energie“ im Auftrag des BMWi und ist am Forschungszentrum in Jülich angesiedelt.

Die Basis für Forschung, Entwicklung und Demonstration im Energiebereich bildet der „Strategische Energietechnologien-Plan“ (SET-Plan: Strategic Energy Technology Plan) der EU. Er definiert die inhaltlichen Prioritäten für die Förderung von Innovationen im Bereich Energie aus Sicht der Mitgliedstaaten. Der SET-Plan unterstützt den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen, CO_2-armen und sicheren Energieversorgung in Europa und schafft die Grundlage für eine intensive Zusammenarbeit zwischen den Mitgliedstaaten, Unternehmen, Forschungseinrichtungen und der EU.

Für die konkrete Umsetzung setzen die Europäische Kommission und die EU-Mitgliedstaaten unter anderem auf die Europäischen Technologie- und Innovationsplattformen (ETIP), z. B. „Smart Networks for Energy Transition“, „Zero Emissions Platform“ oder die ETIP Wind und die ETIP Photovoltaics. Zudem verfolgt die Bundesregierung das Berliner Modell. Bei diesem Verfahren werden bi- und multilaterale Forschungsprojekte in Abstimmung mit den beteiligten Mitgliedstaaten gemeinsam gefördert. Die Wissenschaftler erhalten dabei ihre Unterstützung über nationale Förderinstrumente von einer Institution in ihrem eigenen Land.

Zudem fördert das BMWi Synergien zwischen nationaler und europäischer Förderung innerhalb von „Horizont 2020“ durch die Begleitung des europäischen Gemeinschaftsunternehmens „Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking – FCH 2 JU“ sowie der Europäischen Technologie- und Innovationsplattformen (ETIP). Weiterhin beteiligt sich das BMWi auch an ERA-Net Cofunds, wie beispielsweise dem „Solar-ERA.Net“, „Geothermal ERA“ oder „Accelerating CCS Technologies (ACT)“.

Ein Beispiel für bilaterale europäische Kooperation ist das im Dezember 2016 vom BMBF veröffentlichte zweite Deutsch-Griechische Forschungs- und Innovationsprogramm. Dessen Themenschwerpunkte sind Energieforschung, Geistes- und Sozialwissenschaften, Materialforschung, optische Technologien, Bioökonomie und Gesundheitsforschung. Es kooperieren deutsche und griechische Industriepartner sowie Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler aus beiden Ländern. Dies stellt den Wissens- und Technologietransfer sicher und schafft die Basis für einen langfristigen Aufbau von Kompetenz. Das BMBF und das griechische Ministerium für Bildung, Forschung und religiöse Angelegenheiten stellen hierfür insgesamt 18 Millionen Euro bereit. Beide Länder intensivieren ihre Forschungs- und Innovationszusammenarbeit spürbar, denn bereits die 2013 gestartete Förderung der Intensivierung der Zusammenarbeit mit Griechenland führte zu mehr als 20 erfolgreichen bilateralen Forschungsprojekten. Hervorzuheben ist das Projekt RES-DEGREE, welches eine langfristige Szenarioanalyse für die Stromsysteme beider Länder und die Bewertung der Ergebnisse in Hinblick auf Herausforderungen und Probleme der umfangreichen Integration von erneuerbaren Energien durchführte.

1.3.2 Internationale Kooperationen

Nicht nur auf europäischer, sondern auch auf internationaler Ebene findet eine intensive Zusammenarbeit im Bereich der Energieforschung zwischen Regierungen, Forschungsinstituten, Universitäten und Industrieunternehmen statt. Die wichtigste Plattform für weltweite Kooperation in diesem Bereich bietet die Internationale Energieagentur (IEA). Daneben existieren aber auch eine Reihe bi- oder multilateraler Kooperationen.

Internationale Energieagentur (IEA)

Als selbständige, multilaterale Entität innerhalb der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) verfolgt die IEA das Ziel einer sicheren, bezahlbaren und umweltfreundlichen Energieversorgung in den 29 Mitgliedstaaten und darüber hinaus. Durch diese Form der internationalen Zusammenarbeit entstehen neue Synergien und Impulse für die Energiewende in Deutschland und gemeinsame Lösungsansätze für weltweite Herausforderungen.

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Von besonderer Bedeutung ist die Zusammenarbeit in der Energieforschung. Diese erfolgt im Technologienetzwerk der IEA, das aus Arbeitsgruppen (Working Parties) und sogenannten Technologiekooperationsprogrammen (Technology Collaboration Programmes, TCP) besteht. Das Technologienetzwerk, in das rund 6.000 Experten weltweit eingebunden sind, adressiert ein breites Spektrum an Energietechnologien. Experten aus Deutschland sind an allen vier Working Parties und an 24 der insgesamt 39 aktuell laufenden TCP beteiligt. Darüber hinaus werden energietechnologisch wichtige Fragestellungen im „Committee on Energy Research and Technology“ (CERT) diskutiert, in dem die IEA-Mitgliedstaaten vertreten sind. Diskutiert werden im CERT insbesondere auch Veröffentlichungen der IEA, wie die „Energy Technology Perspectives“ oder Technologie-Roadmaps. Das BMWi vertritt die Bundesregierung im CERT.

Mission Innovation

„Mission Innovation“ ist eine großangelegte internationale Initiative zur Förderung von Forschung und Innovation zu sauberen Energietechnologien und wurde im November 2015 während der Klimaschutzkonferenz COP21 in Paris aus der Taufe gehoben. Mission Innovation ist ein Zusammenschluss von 22 Staaten, darunter die USA, China, Indien, Brasilien, UK, Japan, Frankreich und Deutschland, sowie der Europäischen Union. Innerhalb der Initiative wollen die beteiligten Länder ihre Ausgaben für Forschung und Innovationen im Energiebereich binnen fünf Jahren verdoppeln und internationale Kooperationen untereinander verstärken. Ferner erfolgt ein intensiver Informationsaustausch, um Transparenz, Kollaboration und die Verbreitung von Ergebnissen zu fördern. Auch private Investoren sollen angeregt werden, in Forschung und Entwicklung von sauberen Energietechnologien zu investieren. Ein Beispiel ist die ebenfalls während COP21 unter der Leitung von Bill Gates ins Leben gerufene „Breakthrough Energy Coalition“.

Mit den sogenannten Innovation Challenges wurden sieben Herausforderungen von besonderer Bedeutung für die Mitgliedstaaten identifiziert und auf der COP22 in Marrakesch vorgestellt. An diesen Innovation Challenges richtet sich die inhaltliche Arbeit im Rahmen von Mission Innovation aus.

Für die Umsetzung von Mission Innovation in Deutschland sind das BMWi, das BMBF und das BMEL innerhalb ihrer Zuständigkeiten im 6. Energieforschungsprogramm verantwortlich. Die Bundesregierung bestätigt mit ihrer Beteiligung an Mission Innovation die hohe Bedeutung von Forschung und Entwicklung für saubere Energietechnologien und unterstreicht damit ihren Willen, die bereits jetzt schon hohen Anstrengungen zur Förderung von Innovation weiter voranzutreiben.

Bilaterale Initiativen

Der bilaterale Verbund „German-Canadian Co-operation on Kinetics and mass transport Optimization in PEM fuel cells“ (GECKO) zur Optimierung von Komponenten in Niedertemperatur-PEM-Brennstoffzellen für mobile Anwendungen wurde vom BMBF gefördert. Die deutschen und kanadischen Forschungspartner sind weltweit führende Einrichtungen auf dem Gebiet der Brennstoffzellentechnologie. Ein wichtiges und im Rahmen des f-cell Awards prämiertes Ergebnis war die Entwicklung eines vereinfachten Herstellungsverfahrens für die Membran-Elektroden-Einheit, einer der Schlüsselkomponenten von Brennstoffzellen. Die erfolgreichen Forschungsarbeiten und die etablierte enge wissenschaftliche Zusammenarbeit mit den kanadischen Partnern werden über das Jahr 2016 hinaus im neuen Verbundvorhaben DEKADE, „Deutsch-Kanadische Brennstoffzellenkooperation: Diagnose und Entwicklung von Komponenten für automobile Brennstoffzellen“, fortgesetzt. Ziel ist es, neuartige Katalysatorsysteme, Elektroden und Membranelektrodeneinheiten zu entwickeln, die mit nur wenig Platin auskommen und daher kostengünstiger sind. Außerdem sollen sie einfacher herzustellen sein und gleichzeitig die geforderten Leistungseigenschaften und Alterungsbeständigkeit aufweisen.

Das BMBF hat mit der China-Strategie Wege für eine strategische Partnerschaft beider Länder im Bereich Forschung und Innovation eröffnet. Im Bereich der Energieforschung werden sogenannte „2+2-Projekte“ gefördert, ein Format, bei dem die Beteiligung von mindestens einer deutschen und einer chinesischen Forschungseinrichtung und von mindestens einem deutschen kleinen oder mittleren Unternehmen (KMU) und einem chinesischen forschenden Industriepartner vorgesehen ist.

Deutschland nimmt durch die Zusammenarbeit mit Schwellen- und Entwicklungsländern bei Forschung und Entwicklung seine internationale Verantwortung bei der Bewältigung globaler Herausforderungen wahr. Im Fokus der BMBF-Fördermaßnahme „CLIENT II – Internationale Partnerschaften für nachhaltige Innovationen“ steht daher die Förderung nachfrageorientierter FuE-Kooperationen

mit Partnern in ausgewählten Schwellen- und Entwicklungsländern. Prioritäre Themenbereiche der Projekte sind dabei unter anderem Klimaschutz/Energieeffizienz und Nachhaltige Energiesysteme.

1.4 Nationale Vernetzung

Für das breite Feld der Energieforschung ist eine enge Vernetzung der Akteure auf politischer, wissenschaftlicher, unternehmerischer und gesellschaftlicher Ebene notwendig. Die Abstimmung innerhalb der Bundesregierung erfolgt über die Koordinierungsplattform Energieforschungspolitik unter Leitung des BMWi. Diese dient dem ressortübergreifenden Informationsaustausch, aber auch der Abstimmung und Koordinierung mit anderen Förderprogrammen, die enge Bezüge zur Energieforschung aufweisen.

Die 16 Bundesländer leisten mit einem Gesamtmittelansatz von rund 267 Millionen Euro im Jahr 2015 einen wesentlichen Beitrag zur Forschungsförderung für die Energiewende (siehe Kapitel 4.2). Um eine enge Abstimmung zu Schwerpunkten, Themen und Trends zu gewährleisten, erfolgt unter der Leitung des BMWi das jährliche Bund-Länder-Gespräch Energieforschungspolitik. Aktuell liegt der Fokus auf der Beteiligung der Bundesländer bei den Vorbereitungen zum neuen Energieforschungsprogramm.

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

2. Projektförderung im 6. Energieforschungsprogramm

2.1 Energieumwandlung

2.1.1 Photovoltaik

Rund um den Globus setzen immer mehr Staaten auf die Kraft der Sonne. So ist die weltweit installierte Photovoltaik (PV)-Kapazität 2016 auf das Rekordniveau von 295 Gigawatt angewachsen. Für die deutschen Maschinen- und Komponentenhersteller spiegelt sich diese Marktentwicklung in vollen Auftragsbüchern wider. Auch wenn in Deutschland selbst die neu installierte Leistung mit knapp 1,5 Gigawatt wiederum deutlich hinter dem geplanten Zubau geblieben ist: Der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) hat im Herbst 2016 mitgeteilt, dass die Hersteller von PV-Produktionsequipment im Vergleich zum Vorjahr kontinuierlich steigende Auftragseingänge und Umsatzerträge zu verzeichnen hätten. Die Technikkomponenten „Made in Germany“ sind weltweit gefragt. Über 90 Prozent der Produktion gehen nach Aussagen des Verbands mittlerweile ins Ausland. In Deutschland sind hingegen, nicht zuletzt aufgrund der kostengünstig produzierenden asiatischen Wettbewerber, nur noch wenige Unternehmen tätig, die Solarmodule beziehungsweise -zellen fertigen.

Auf dem PV-Markt etablieren sich immer leistungsfähigere Module auf Basis des kristallinen Siliziums. Momentan setzt sich insbesondere die p-PERC-Technologie (Passivated Emitter Rear Contact auf p-Typ Wafersubstraten) durch, die sich gut in bestehende Produktionslinien integrieren lässt. Als ein möglicher nächster Schritt hin zu effizienteren Modulen wird die Heterojunction-Technologie angesehen, bei der eine Grenzschicht zweier unterschiedlicher Halbleitermaterialien geschickt genutzt wird.

Im Bereich der Dünnschichtmodule auf Basis des Chalkopyrit-Halbleiters CIGS arbeiten Industrie und Forschung Hand in Hand, um die Vorteile dieser Technik insbesondere für gebäudeintegrierte Photovoltaik zu nutzen.

An der Schwelle zur industriellen Produktion stehen die Dünnschicht-Systeme der Organischen Photovoltaik (OPV), während die vielversprechende Perowskit-basierte Photovoltaik noch im Bereich der Grundlagenforschung angesiedelt ist.

Im Fokus der strategischen Forschungsförderung durch das BMWi steht, den Material- und Energieverbrauch zu senken, effektivere Herstellungsprozesse zu etablieren und den Wirkungsgrad der Zellen und Module zu erhöhen, um so die Kosten weiter zu senken. Das BMWi fördert darüber hinaus Forschungsaktivitäten zur gebäudeintegrierten Photovoltaik, zum Recycling und zu Fragen der Qualitätssicherung.

Mit Blick auf noch höhere Modulleistungen beschäftigen sich neue Forschungsansätze mit Tandemsolarzellen. Hier sind langfristig Wirkungsgrade über 35 Prozent möglich. Daher arbeiten Forschungseinrichtungen und Industrieunternehmen in unterschiedlichen Projekten intensiv daran, eine Tandem-Generation von Solarzellen mit einer Bottomsolarzelle auf Basis von kristallinem Silizium zu entwickeln, die auf den etablierten Technologien aufbaut. Im Projekt PersiST des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) arbeiten Wissenschaftler an einer Perowskit-Silizium-Tandemsolarzelle mit über 29 Prozent Wirkungsgrad. Die Forscher untersuchen dabei, wie die Perowskit- und Siliziumsolarzelle durch angepasste Kontakt- und Ladungsträgertransportschichten optimal verbunden werden können. Die Tandemsolarzelle soll auf einer Fläche von 100 cm^2 realisiert werden.

Neben den Fortschritten bei den Wirkungsgraden durch optimierte Solarzellen und -module oder etwa intelligente und kompaktere Wechselrichter stehen die Produktionsmittel und -abläufe für Photovoltaikmodule und -zellen verstärkt im Fokus der Forschung. Um dort weitere Kostenersparnisse zu erzielen und international wettbewerbsfähig zu bleiben, setzen die Anlagenbauer auf innovative Fertigungsverfahren im Sinne von Industrie 4.0. Ziel ist es, die industrielle Fertigung und die Informations- und Kommunikationstechnologie enger zu verzahnen, um mit Hilfe selbstoptimierender Produktionsanlagen Kosten zu senken.

Die Forschungsförderung trägt entscheidend dazu bei, wegweisendes Know-how in Industrieunternehmen, Forschungseinrichtungen und Hochschulen zu generieren. Durch den erfolgreichen Innovationstransfer in die Industrie behaupten sich deutsche Photovoltaik-Anlagenbauer und -Komponentenzulieferer im internationalen Wettbewerb sehr gut. Damit diese Erfolge dauerhaft bleiben, hat das BMWi 2016 das Forschungsnetzwerk Erneuerbare Energien initiiert.

Um Standortvorteile aus Forschung und Entwicklung voll auszuschöpfen, wurde bereits 2014 die Initiative „Forschung und Entwicklung für Photovoltaik“ von BMWi und BMBF umgesetzt. Im Februar 2016 hat hierzu ein Statusseminar stattgefunden, auf dem die bisher erreichten Erfolge vorgestellt wurden. Zusammengefasst bilden produktionsnahe Innovationen in der Modultechnik und dem Anlagenbau sowie komplexe systemtechnische Ansätze den inhaltlichen Schwerpunkt der Initiative.

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Im Förderschwerpunkt Photovoltaik flossen im Jahr 2016 rund 63,99 Millionen Euro in laufende Vorhaben. Der Fördermitteleinsatz konnte gegenüber dem Vorjahr deutlich gesteigert werden. Waren es 2015 insgesamt 99 neue Projekte mit einem Gesamtvolumen von 80,59 Millionen Euro, konnten 2016 ganze 166 neue Forschungsprojekte mit einem Gesamtvolumen von 116,57 Millionen Euro bewilligt werden (vgl. Abb. 2).

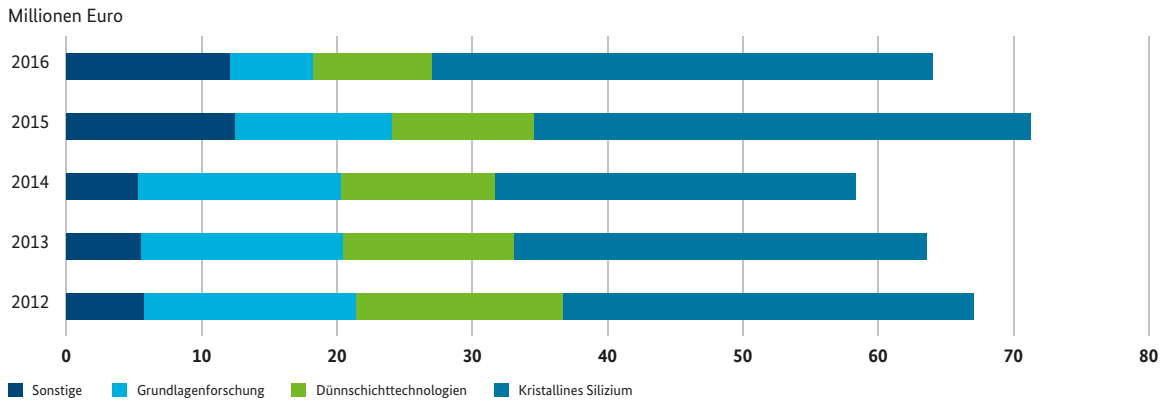
Bereits 2010 wurde die „Innovationsallianz Photovoltaik“ von BMBF und BMWi mit einem Fördervolumen von 100 Millionen Euro aufgesetzt mit dem Ziel, durch intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeit den Innovationsvorsprung der deutschen Solarindustrie auszubauen. Ein Highlight in der Grundlagenforschung ist das Projekt SISSY zur Nutzung von Synchrotron-Strahlung für die Weiterentwicklung von Dünnschichtsolarzellen. Hier fördert das BMBF das weltweit einzigartige Labor Energy Materials In-situ Laboratory Berlin (EMIL) an der Berliner Synchrotronquelle BESSY II am Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie. EMIL konnte Ende Oktober 2016 eröffnet und den Forscherinnen und Forschern übergeben werden.

Im Rahmen der BMBF-Förderbekanntmachung „Materialforschung für die Energiewende“ konnte mit nunmehr fünf Projekten ein Schwerpunkt auf die Entwicklung von Perowskit-Solarzellen gelegt werden. Drei der Projekte beschäftigen sich mit dem Grundlagenverständnis der Perowskit-Solarzellen und deren Verbesserung. In einem weiteren Projekt sollen die Weltrekord-CIGS-Zellen des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung in Stuttgart mit Perowskit-Zellen zu Tandemzellen mit höchsten Wirkungsgraden kombiniert werden. Eine Nachwuchsgruppe, die es sich zum Ziel gesetzt hat, mit Hilfe von Silizium-Perowskit-Tandemsolarzellen in den Wirkungsgradbereich von 30 Prozent vorzustoßen, hat im Sommer 2016 ihre Arbeit am Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie aufgenommen. Auf einem BMBF-Workshop in Würzburg im Oktober 2016 trafen sich die deutschen Perowskit-Forscher mit international renommierten Kollegen, um die neusten Ergebnisse der Perowskit-Forschung vorzustellen und zu diskutieren. Über die BMBF-Förderung gelang es, Anschluss an die Weltspitze der Perowskit-Forschung herzustellen.

Maßnahmen außerhalb des Energieforschungsprogramms

In der BMBF-Förderinitiative „Organische Elektronik, insbesondere Organische Leuchtdioden und Organische Photovoltaik“ arbeiten Wissenschaftler aus Forschungseinrichtungen und Industrie gemeinsam daran, Innovationen und kostensenkende Verfahren auf dem noch jungen Gebiet der organischen Elektronik zu entwickeln. So geht es beispielsweise darum, den Wirkungsgrad von organischen Solarzellen und -modulen zu erhöhen, um sie auf diese Weise für den Photovoltaikmarkt attraktiv zu machen. Im Rahmen des bereits abgeschlossenen Projektes MEDOS konnte der Zusammenhang zwischen Moleküleigenschaften, Struktur und Bauteileigenschaften der Solarzellen umfassend analysiert und erklärt werden, wodurch effizientere Solarzellen hergestellt werden können.

Abbildung 2: Fördermittel für Photovoltaik
(Daten siehe Tabelle 2)



Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

2.1.2 Windenergie

Die Windenergie liefert derzeit den größten Anteil des Stroms aus erneuerbaren Energien in Deutschland. Sie ist an vielen Standorten die kostengünstigste Technologie im Bereich der erneuerbaren Energien und damit ein zentraler Baustein der Energiewende. Dabei setzt sich sowohl an Land als auch auf See der Trend zu immer leistungsstärkeren Anlagen sowie zur Erschließung von Schwachwindstandorten fort.

In den letzten 20 Jahren hat die Windindustrie deutliche Fortschritte gemacht und durch Forschung und Entwicklungsarbeiten die Stromerzeugungskosten um 60 Prozent gesenkt. Diese liegen derzeit bei Onshore-Windenergieanlagen in Deutschland zwischen 5,3 und 9,6 Cent pro Kilowattstunde. Die Onshore-Windenergie ist technisch bereits weit entwickelt, allerdings gilt es, die Stromerzeugungskosten weiter zu senken. In den letzten Jahren sind daher immer größere und damit leistungsstärkere Anlagen gebaut worden. Um die optimale „Windernte“ einzufahren, ging dies mit immer höheren Türmen und längeren Rotorblättern einher. Mittlerweile betragen die durchschnittlichen Rotordurchmesser an Land zwischen 120 und 130 Meter.

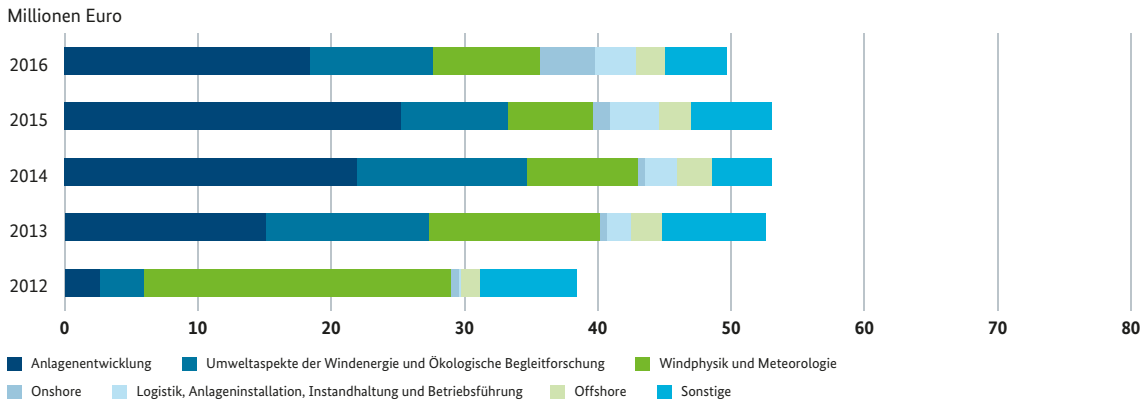
Im Offshore-Bereich liegen die Stromerzeugungskosten derzeit noch etwa doppelt so hoch wie an Land. Um die Kosten zu senken, forschen Wissenschaftler in Hochschulen und Forschungseinrichtungen sowie Experten in der Industrie an weiteren innovativen technischen Lösungen. Ein Augenmerk der Forschung richtet sich auf die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Windenergieanlagen eines Windparks einerseits sowie zwischen verschiedenen Windparks andererseits. So können die Lasten auf die Anlagen reduziert und eine längere Lebensdauer sowie geringere Schäden erzielt werden. Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der letzten Jahre ist es auch zu verdanken, dass geeignete Schallschutzmaßnahmen wie der „Große Blasenschleier“ oder die Suction Buckets auf dem Markt sind, die die Gründungsgeräusche deutlich senken und damit zum Artenschutz im Meer beitragen.

Die Forschungsförderung des BMWi verfolgt im Bereich der Windenergie weiterhin das Ziel, Ertrag und Zuverlässigkeit zu steigern und Kosten zu senken. Hierfür sind auch in den nächsten Jahren technische Innovationen und Strategien notwendig. Größere und höhere Windenergieanlagen stellen aufgrund des hohen Gewichts und der steigenden mechanischen Belastungen neue Herausforderungen für Forschung und Entwicklung dar. Neue Materialien und Verbundwerkstoffe sind ebenso gefragt wie innovative Baukonzepte und an die erhöhten Massen und Kräfte angepasste Triebstränge.

Das BMWi hat im Jahr 2016 im Bereich Windenergie 93 neue Projekte mit einem Fördervolumen von 86,24 Millionen Euro bewilligt. Laufende Forschungsvorhaben wurden mit rund 49,69 Millionen Euro gefördert (vgl. Abb. 3).

Um die Lasten auf große Rotorblätter zu reduzieren, forschen Experten an intelligenten Lösungen, bei denen sich beispielsweise die Rotorblätter durch innovative Bauteile selbst auf die lokalen Windgegebenheiten einstellen können.

Abbildung 3: Fördermittel für Windenergie
(Daten siehe Tabelle 2)



Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Im Forschungsprojekt „SmartBlades2“ werden verschiedene bauliche Varianten in Windkanälen und im Freiland getestet. Unter Koordination des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) wollen die Projektpartner Demonstrationsblätter mit 20 Metern Länge sowie weitere Blatt-Komponenten produzieren und in Versuchen in Prüfständen, in Windkanälen und im Freiland untersuchen.

Auch die Produktionsabläufe der Rotorblattfertigung müssen weiter optimiert werden, um die Kosten zu senken. Rotorblätter von Windenergieanlagen werden derzeit noch in großem Maß von Hand gefertigt. Das Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) hat deshalb 2016 zusammen mit Partnern innerhalb des Forschungsprojekts BladeMaker ein Demonstrations-Fertigungszentrum in Bremerhaven in Betrieb genommen, in dem Automatisierungstechniken entwickelt und getestet werden.

Außerdem fördert das BMWi Windenergie-Testfelder im Freiland. Im Jahr 2016 wurden drei neue Testfelder genehmigt. Die Deutsche Forschungsplattform Windenergie (DF Wind) in Niedersachsen erforscht im Flachland, wie Windenergieanlagen effizient und geräuscharm kostengünstigen Strom produzieren können. Das Fraunhofer IWES Nordwest entwickelt und betreut zudem das Testfeld Bremerhaven. Derzeit wird dort der Prototyp einer 8-Megawatt-Anlage installiert, die mit der Infrastruktur des IWES vor Ort verbunden ist. Unter anderem können dadurch die Ergebnisse der Laboruntersuchungen systematisch mit den Messungen im Feld verglichen und die Testprozeduren entsprechend verbessert werden. Das Verbundvorhaben WINSENT in Süddeutschland erforscht die Herausforderungen, die sich beim Betrieb von Windenergieanlagen im bergig-komplexen Gelände ergeben.

Die Grundlagenforschung im Bereich der Windenergie unterstützt das BMBF durch eine Reihe von Initiativen zur strategischen Vernetzung von Infrastrukturmaßnahmen, institutioneller Förderung und Projektförderung, insbesondere mit der Förderinitiative „Materialforschung für die Energiewende“. Eine wichtige Herausforderung ist weiterhin die Erhöhung der Lebensdauer von Windenergieanlagen.

Ein Beispiel ist das Verbundvorhaben „White Etching Cracks“. Insbesondere Lager von Windturbinengetrieben sind von Materialversagen durch „White Etching Cracks“ (weiß anätzende Risse) betroffen. Dieser Schadensmechanismus ist mitverantwortlich für den Ausfall und dadurch erhöhte Kosten für Windkraft. Eine Nachwuchsgruppe am Max-Planck-Institut für Eisenforschung untersucht im Vorhaben „White Etching Cracks“ diese Problematik auf atomarer Ebene. Bei einem Projekterfolg erschließt sich ein großes industrielles Potenzial, da ein neuer günstiger verschleißbeständigerer Lagerstahl für alle Lageranwendungen zur Verfügung stünde.

Ein weiteres Beispiel ist das Verbundvorhaben EISAB. Dort wird die Eis- und Raureifbildung bei Windenergieanlagen untersucht. Diese senken den Wirkungsgrad und stellen ein hohes Sicherheitsrisiko dar. Unter der Leitung der TU Dresden wird eine Anti-Eis-Beschichtung auf Basis eines aktiven polymeren Systems entwickelt. Die hohe Bedeutung des Themas zeigte eindrucksvoll das rege Interesse der Teilnehmer aus Wissenschaft und Wirtschaft an der Innovationsbörse „Eisabweisende Oberflächen“ im September.

2.1.3 Bioenergie

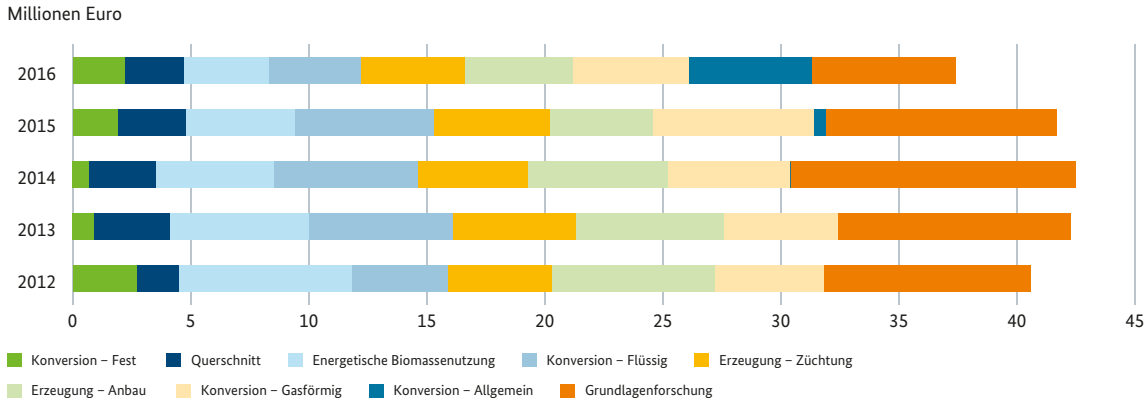
Der Beitrag des BMEL zur Energieforschung besteht in Fördermaßnahmen für Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsvorhaben zur energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe als ein Element im Rahmen des Förderprogramms „Nachwachsende Rohstoffe“. Das Förderprogramm umfasst auch Maßnahmen außerhalb der Energieforschung unter anderem zu Anbau und Züchtung, zur stofflichen Nutzung, zur internationalen Zusammenarbeit und zum gesellschaftlichen Dialog.

Bereits seit dem Jahr 2000 berücksichtigt das Förderprogramm „Nachwachsende Rohstoffe“ die energetische Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen und von Rest- und Koppelprodukten der land- und forstwirtschaftlichen Erzeugung. Die heute gültige Fassung des Förderprogramms wurde am 7. Mai 2015 durch das BMEL veröffentlicht.

Ausschließlich mit der energetischen Nutzung von Biomassen befassen sich auf Basis des Förderprogramms „Nachwachsende Rohstoffe“ zwei neue Schwerpunkte, deren Forschungsmaßnahmen aus Mitteln des Sondervermögens „Energie- und Klimafonds (EKF)“ finanziert werden:

- Bestimmung und Entwicklung von Technologien und Systemen zur Bioenergiegewinnung und -nutzung mit dem Ziel der weiteren Verbesserung von Treibhausgasbilanzen in den Haupteinsatzgebieten Strom, Wärme und Kraftstoffe

Abbildung 4: Fördermittel für Bioenergie
(Daten siehe Tabelle 2)



- Optimierung der Integration der Bioenergie in regionale und überregionale Energie-(infrastruktur-)systeme (Wärme, Strom, Mobilität) mit dem Ziel der Verbesserung der Systemstabilität und der Energieeffizienz

Im Jahre 2016 lag im Bereich des BMEL der Fördermittelansatz der Neubewilligungen bei 24,45 Millionen Euro. Im Jahresverlauf 2016 wurden 109 Vorhaben neu begonnen. Gleichzeitig flossen rund 28,05 Millionen Euro in 306 bereits laufende Forschungsvorhaben (vgl. Abb. 4).

Das BMWi unterstützt Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsprojekte für eine technisch, ökologisch und ökonomisch optimierte energetische Biomassenutzung, die biogene Reststoffe aus der Abfall- sowie Land- und Forstwirtschaft konsequent einsetzt, Wirkungsgrade steigert oder neue Koppel- beziehungsweise Kaskadennutzungspfade erschließt. Im Mittelpunkt stehen Wärme- und Stromerzeugung, Kraft-Wärme-Kopplung, Flexibilisierung und die Integration bioenergetischer Anwendungen in das Gesamtsystem.

2016 hat das BMWi im Förderbereich „Energetische Biomassenutzung“ 37 Projekte mit einem Fördervolumen von rund 5,98 Millionen Euro neu bewilligt. Rund 3,66 Millionen Euro sind in 100 bereits laufende Forschungsvorhaben geflossen. Das Programm wird vom DBFZ Deutschen Biomasseforschungszentrum gGmbH mit dem Ziel der Vernetzung und des Wissenstransfers wissenschaftlich begleitet.

Einen Schwerpunkt in der Forschungsförderung des BMBF stellt die Bereitstellung von Netzdienstleistungen dar, um die hohe Flexibilität der bioenergetischen Stromerzeugung für das Gesamtsystem zu erschließen. Im Rahmen der BMBF-Förderinitiative „BioProFi – Bioenergie – Prozessorientiert Forschung und Innovation“ wurde im Vorhaben „E S E – Biogas“ hierzu weltweit erstmalig das Prinzip eines neuartigen Elektrobiogasreaktors demonstriert. Dieser ist wesentlich widerstandsfähiger gegenüber Prozessstörungen. Des Weiteren wurde in den Vorhaben „MethanoQuant“ und „ELAST2P“ eine IT-basierte Lösung zur Echtzeitsteuerung von Biogasanlagen entwickelt. Dieser unterstützt den flexiblen Betrieb von Biogasanlagen und verbessert somit entscheidend die Bereitstellung von Ausgleichsenergie in einem zunehmend auf fluktuierenden Energieerzeugern basierenden Energiesystem.

Ein weiterer Schwerpunkt der Initiative „BioProFi“ ist die Erzeugung chemischer Energieträger und Basischemikalien für die chemische Industrie, um dort eingesetzte fossile Ausgangsstoffe zu substituieren. Im Vorhaben „AG-HiPreFer“ wurde hierzu eine kontinuierliche Hochdrucklaboranlage aufgebaut. Diese ermöglicht die Einspeisung von Biomethan in bestehende Ferngasleitungen ohne zusätzliche energieaufwendige Verdichtung. Im Vorhaben „FeBio@H2O“ wurde ein neuartiger Ansatz der hydrothermalen Biomasseverflüssigung entwickelt, der die Gewinnung von Kohlenwasserstoffen aus verschiedenen Biomassen erlaubt. Diese können zukünftig beispielsweise als Biokraftstoffe eingesetzt werden und haben damit das Potenzial, zur CO_2-Einsparung einen signifikanten Anteil zu leisten.

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Um die Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion komplett zu vermeiden, wurde zudem die industrielle Biomasseerzeugung auf Basis von Algen vorangetrieben. Im Projekt „Advanced Biomass Value“ wurde auf Basis von Algen und Hefen eine integrierte Verwertungskette in nachhaltige Flugtreib-, Schmier- und Baustoffe realisiert. Im Rahmen der Vorhaben „OptimAL“ und „Albira“ wurden Grundlagen zur Erzeugung von Biokerosin beziehungsweise chemischen Grundstoffen auf Algenbasis gelegt.

2.1.4 Tiefe Geothermie

Geothermische Anlagen nutzen die Wärme aus der Erde, um Strom zu produzieren oder Gebäude beziehungsweise Siedlungen zu beheizen. Die Energiequelle ist ein stabiler Garant im erneuerbaren Energiemix der Zukunft, da sie unabhängig von Witterungsverhältnissen zur Verfügung steht. Daher kann sie neben der Produktion von Heizwärme dazu beitragen, die Grundlast und Lücken in der Stromversorgung abzudecken.

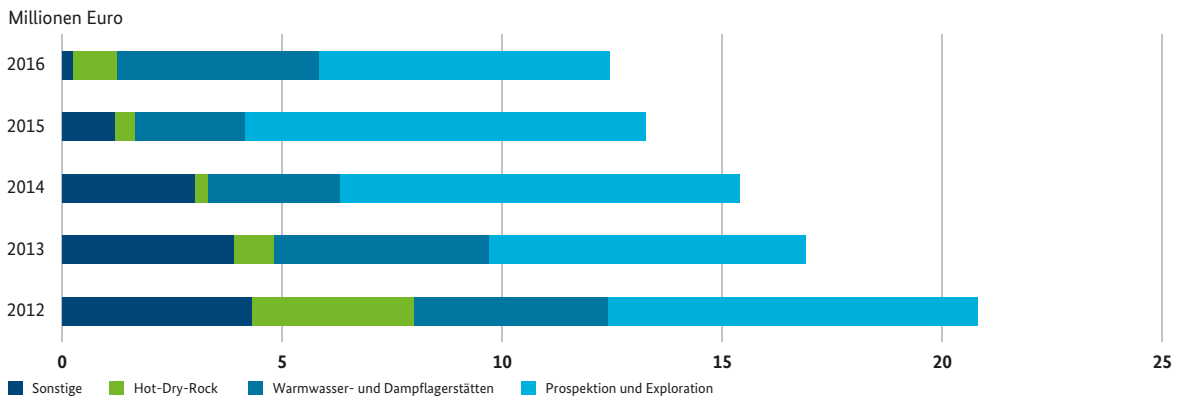
In den vergangenen Jahren wurde in Hochschulen, an Forschungsinstitutionen und in der Industrie viel Forschungs- und Entwicklungsarbeit geleistet. Dies trug unter anderem dazu bei, die Lebensdauer und Qualität von Förderpumpen und anderen technischen Komponenten deutlich zu erhöhen. Auch das Sammeln und Aufbereiten geologischer sowie weiterer geothermisch relevanter Daten wird in verschiedenen Forschungsvorhaben unterstützt. Ziel ist es, möglichst umfassende Datenpools zu den geothermischen Lagerstätten in Deutschland aufzubauen. Auf ihrer Basis lassen sich das Fündigkeitsrisiko und somit die Erschließungskosten senken.

Um die Potenziale der Geothermie stärker nutzen zu können, müssen von der Anlagenplanung über die Exploration der Förderstätten bis hin zur eigentlichen Bohrung und dem Bau beziehungsweise anschließendem Betrieb von Geothermieanlagen weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten geleistet werden. Dabei verfolgt das BMWi die Strategie, mit Hilfe innovativer Ansätze in allen Teilen der Wertschöpfungskette die Kosten zu senken, um so die tiefe Geothermie in Zukunft wirtschaftlicher zu machen. Mit seiner mehrjährig ausgelegten Forschungsförderung sorgt das BMWi für verlässliche Rahmenbedingungen, die umfassende Forschungsarbeiten ermöglichen.

Für Forschungsaktivitäten im Bereich der Geothermie hat das BMWi 2016 insgesamt 22 neue Projekte mit einem Fördervolumen von rund 19,55 Millionen Euro bewilligt. Gleichzeitig flossen rund 12,54 Millionen Euro in bereits laufende Forschungsvorhaben (vgl. Abb. 5).

Ein Schwerpunkt der BMWi-Forschungsförderung ist es, die Erkundungsmethoden weiterzuentwickeln, um geeignete Standorte auswählen zu können. Da die Kosten für die Bohrung sehr hoch sind, muss das Risiko, auf kein geeignetes Wasserreservoir beziehungsweise ausreichend heißes Gestein zu stoßen, minimiert werden. Zu diesem Zweck werden auch künftig innovative Ansätze der Erkundung gefördert und das bestehende geothermische Informationssystem GeoTIS weiter ausgebaut.

Abbildung 5: Fördermittel für Tiefe Geothermie
(Daten siehe Tabelle 2)



Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Im Forschungsprojekt „Dolomitkluft“, 50 Kilometer südlich von München, werden erstmals Bohrkerne aus knapp 5.000 Metern Tiefe entnommen. Die Wissenschaftler möchten unter anderem untersuchen, welchen Einfluss die hohe Temperatur und der enorme Druck in 5.000 Metern Tiefe auf die Porosität und Permeabilität des Gesteins haben.

Neue Erkenntnisse zu innovativen Materialien oder Korrosionsschutz sowie zu seismischen Messverfahren oder dem Monitoring von Anlagen runden das Forschungsportfolio ab. Korrosion und Mineralablagerungen stören den Betrieb von Geothermieanlagen erheblich. Sie werden unter anderem durch mikrobielle Besiedelungen von Oberflächen in den Anlagen verursacht. Diese Biofilme stehen im Mittelpunkt des Verbundvorhabens BioKS, das vom Deutschen GeoForschungsZentrum (GFZ) in Potsdam koordiniert wird.

2.1.5 Kraftwerkstechnologien

Konventionelle Kraftwerke leisten heute und auch mittelfristig einen wichtigen Beitrag zur Sicherung der Energieversorgung. Allerdings gibt es im Kontext der Energiewende neue Anforderungen. Während die Anlagen bisher auf lange Betriebsphasen im sogenannten Volllastbetrieb ausgelegt waren, müssen sie nun flexibel reagieren, um witterungsabhängige Schwankungen bei der Stromproduktion durch Wind oder Sonne auszugleichen.

Die veränderten Aufgaben haben Auswirkungen auf den Betrieb von konventionellen Kraftwerken. Sie müssen zu einem kosten- und ressourceneffizienten Teillast- und Mindestlastbetrieb ertüchtigt werden. Dazu gehören neben schnellen An- und Abfahrgeschwindigkeiten auch der Einsatz unterschiedlicher Brennstoffe und brennstoffflexibler Verbrennungssysteme. Diese veränderten Betriebsbedingungen belasten Bauteile und Material in ungewohnter Weise, da bestehende Anlagen auf Dauerbetrieb mit stetiger Last ausgelegt worden sind.

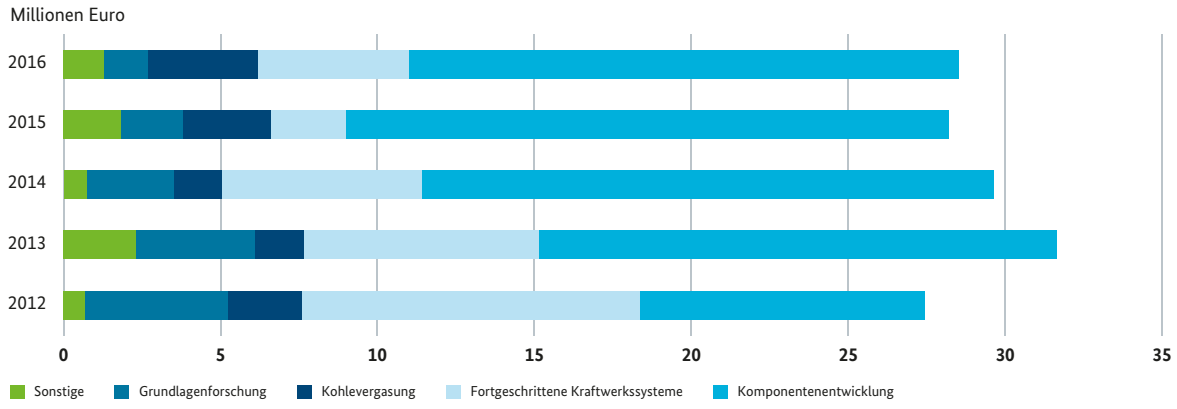
Technische Innovationen sind weiterhin gefragt, um den CO_2-Ausstoß zu reduzieren, unter anderem auch CO_2-Abscheidungstechnologien. Das BMWi fördert Forschungsvorhaben, die sich mit diesen Themen beschäftigen.

Ein wichtiger Baustein der Neuausrichtung der Förderpolitik des Bundes in diesem Bereich ist das Forschungsnetzwerk Flexible Energieumwandlung, das Anfang 2017 als Weiterentwicklung der COORETEC-Initiative gegründet wurde. Neue Themen wie solarthermische Kraftwerke, dezentrale Erzeuger und Speichertechnologien ergänzen künftig das Portfolio im neuen Forschungsnetzwerk. Die Mitglieder des Netzwerks vertreten daher eine breit aufgestellte Forschungslandschaft und unterstützen mit fachlicher Expertise die Weiterentwicklung der Förderstrategien.

Im Bereich der konventionellen Kraftwerkstechnik sowie CO_2-Abscheidung hat das BMWi im Jahr 2016 insgesamt 73 neue Projekte mit einem Fördervolumen von 29,03 Millionen Euro bewilligt. Für laufende Projekte wurden 28,52 Millionen Euro aufgewendet (vgl. Abb. 6).

Die Forschungsförderung des BMWi ist darauf ausgelegt, die Kraftwerkstechnologie effizienter, sauberer und flexib-

Abbildung 6: Fördermittel für Kraftwerkstechnologien
(Daten siehe Tabelle 2)



Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

ler werden zu lassen. Zentrale Forschungsschwerpunkte sind daher das Erforschen innovativer Werkstoffe und Materialien sowie die CO_2-Reduktion. Ziel des Verbundvorhabens MemKoR ist es, das Freisetzen von CO_2 in die Atmosphäre zu reduzieren. Durch den Einsatz von Gasseparationsmembranen am Ende des Kraftwerksprozesses kann das CO_2 gezielt abgetrennt und entweder gespeichert oder weiterverwendet werden. Des Weiteren werden Entwicklungen innovativer Simulationsverfahren gefördert, die dazu beitragen, die veränderten Betriebsbedingungen mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien in flexiblen Modellen abzubilden. Im Forschungsvorhaben DYNSTART untersuchen Wissenschaftler in einem Simulationsprojekt, wie die gewünschte Flexibilität in Kohlekraftwerken umgesetzt werden kann. Ziel ist es, eine eindeutige Aussage darüber zu treffen, ob und gegebenenfalls wie die Kraftwerke sowohl technisch als auch wirtschaftlich in der Lage sein werden, bei Mindestlasten von bis zu 12,5 Prozent zu operieren.

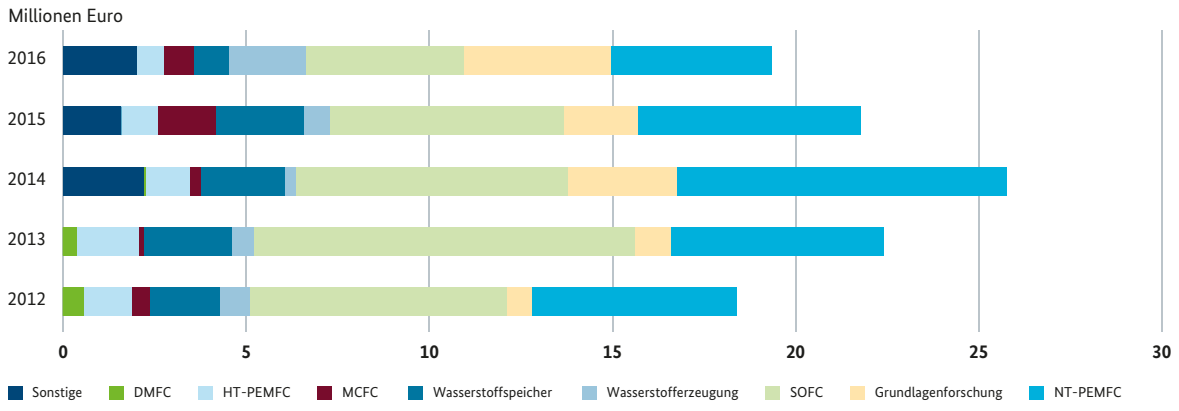
Bei der Grundlagenforschung zu Kraftwerkstechnologien setzt das BMBF ebenfalls auf das als Brückentechnologie für die Energiewende bedeutsame Thema „Flexibilisierung". Im Fokus stehen Vorhaben, die Eigenschaften und Verhalten innovativer Materialien unter extremen Bedingungen untersuchen. Im Rahmen der Initiative „Materialforschung für die Energiewende" werden daher Projekte gefördert, welche neben hochwarmfesten Dampferzeugerwerkstoffen insbesondere auch neuartige keramische Materialien für den Einsatz in Gasturbinen erforschen. Dabei stehen die Steigerung des Wirkungsgrads, ein lastflexibler Betrieb und die Nutzung regenerativer Brennstoffe in Gas-und-Dampfturbinen-Kraftwerken sowie in dezentral nutzbaren Mikrogasturbinen im Fokus. Neben Ansätzen zur Herstellung entsprechender Gasturbinenkomponenten werden verschiedene Keramiken und Faserverbundwerkstoffe hinsichtlich ihrer Eignung untersucht. Mit den Vorhaben FLEXIKON und MAXCOM fördert das BMBF zwei Nachwuchsgruppen zu diesen beiden Themenkomplexen. Dabei untersucht das Vorhaben FLEXIKON der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung die Grundlagen für Werkstoffe zum Einsatz in lastflexiblen konventionellen Kraftwerken. Das Vorhaben MAXCOM des Forschungszentrums Jülich erforscht innovative Keramiken, die eine Erhöhung der Betriebstemperatur in Gasturbinen und damit eine Steigerung des Wirkungsgrads ermöglichen.

2.1.6 Brennstoffzellen und Wasserstoff

Brennstoffzellen könnten eine wichtige Rolle im künftigen Energiesystem spielen. Denn ihre effiziente Energiewandlung bietet viele Vorteile bei der stationären und der mobilen Energieversorgung. Für Forschung und Entwicklung sind kompakte, robuste, langlebige, kosten- und anwendungsgerechte Systeme die Herausforderungen für die Zukunft.

Durch die effiziente und schadstoffarme Nutzung eines nachhaltigen Energieträgers wie Wasserstoff können Brennstoffzellen künftig konventionelle Energiewandler verdrängen und CO_2-Emissionen im Verkehr und in der stationären Energieversorgung reduzieren. Im Verkehrsbereich und beim Speichern regenerativer Energien ist Wasserstoff ein

Abbildung 7: Fördermittel für Brennstoffzellen und Wasserstoff
(Daten siehe Tabelle 2)



Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

wesentlicher Baustein einer nachhaltigen Energiewirtschaft. Wenn Windkraftwerke mehr Strom produzieren, als das Netz aufnehmen kann, besteht zum Beispiel die Möglichkeit, die überschüssige Energie zur Elektrolyse von Wasser zu nutzen und den erzeugten Wasserstoff zu speichern oder in das Erdgasnetz einzuspeisen.

Die Technologie hat also das Potenzial einer Schlüsseltechnologie für die Energiewende. Das BMWi fördert Forschung und Entwicklung einer nächsten Generation Brennstoffzellen über alle Stationen der Wertschöpfungskette, die den Reifegrad der Technologie verbessern, und ebnet damit den Weg für eine Fertigung in Deutschland.

Die BMWi-Förderung für Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologien ist eingebunden in das Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff und Brennstoffzellen (NIP), das nach 2016 als Regierungsprogramm NIP2 fortgesetzt wird. Ziel ist, die Technologie in den nächsten zehn Jahren (2016 bis 2025) zur Marktreife zu bringen, um in Deutschland die industrielle Wertschöpfung der Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie international konkurrenzfähig aufzubauen.

Im Bereich Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologien wurde im Jahr 2016 die Energieforschung mit rund 19,69 Millionen Euro für 147 laufende Projekte gefördert (vgl. Abb. 7). 28 Projekte mit einem Fördervolumen von 18,48 Millionen Euro sind 2016 neu bewilligt worden.

Für den stationären Einsatz von Brennstoffzellen wird das Ziel verfolgt, die Lebensdauer der Brennstoffzelle deutlich über 20.000 Betriebsstunden hinaus in Richtung 60.000 Stunden zu verbessern und so eine echte Alternative für Anwendungen im Gebäudesektor zu bieten. Hinzu kommt die Entwicklung kostengünstiger Lösungen sowohl bei Kernkomponenten – wie etwa Membranelektrodeneinheiten (MEA) – als auch bei peripheren Komponenten (Pumpen, Ventile, Sensoren).

Auch als Automobilantrieb ist die Brennstoffzelle effizient: Sie erreicht einen deutlich höheren Systemwirkungsgrad im Vergleich zum Verbrennungsmotor. Damit die Mobilität mit Brennstoffzellen in Deutschland bis 2050 einen signifikanten Anteil erreicht, entwickeln und optimieren Wissenschaftler in verschiedenen Forschungsvorhaben für mobile Anwendungen geeignete Systeme und Komponenten. Diese müssen langlebig und leistungsstark, zugleich auch besonders leicht und kompakt sowie robust und vibrationstolerant sein, um wirtschaftlich konkurrenzfähig zu werden.

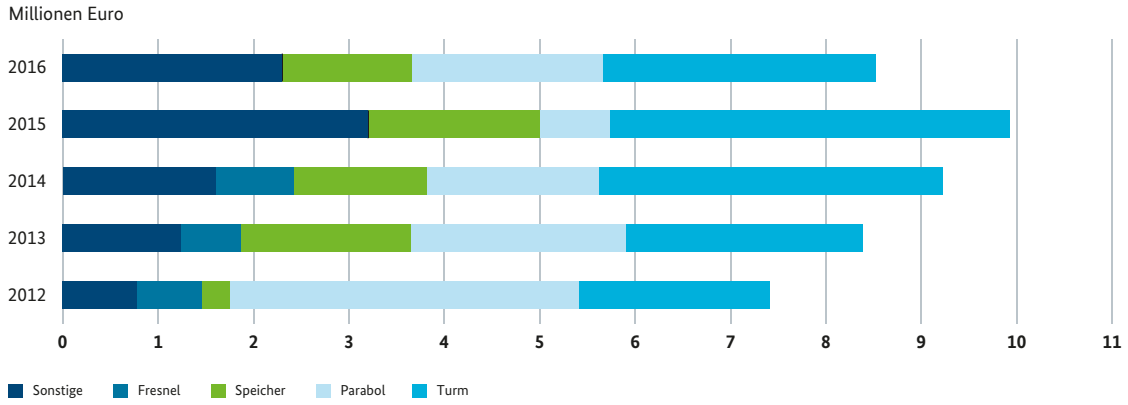
In der Grundlagenforschung adressieren die Projekte des BMBF Technologien der nächsten Generation mit niedrigeren Kosten und höheren Lebensdauern sowie Zukunftstechnologien. Dazu gehören keramische Hochtemperatur-Brennstoffzellen. Sie versprechen besonders hohe Effizienz, auch in ihrer Umkehrung als Elektrolyseure. Ihr Einsatzbereich reicht von der häuslichen Strom- und Wärmeerzeugung über netzunabhängige und Bordstrom-Aggregate bis zum Kraftwerksmaßstab sowie der Gaserzeugung und CO_2-Nutzung. Im Vorhaben „SOFC-Degradation“ arbeiten deutschlandweit die führenden Forschungseinrichtungen zusammen, um die Langlebigkeit dieser Energiewandler entscheidend zu verbessern.

Die Senkung des Edelmetallgehalts, insbesondere Platin, ist ein wichtiger Schritt zur wirtschaftlichen Anwendung von Brennstoffzellen. Das BMBF fördert die Entwicklung hocheffizienter, edelmetallarmer Katalysatoren (Reaktionsbeschleuniger) sowie neuartiger Membranen als Kernkomponenten von Brennstoffzellen und Elektrolyseuren.

Wasserstoff muss gespeichert werden. BMBF-geförderte Projekte untersuchen den geologischen Untergrund als Speicher und entwickeln neue Materialien für die Wasserstofftrocknung und -speicherung. So verfolgen die Verbundvorhaben RevAl und HySCORE innovative Ansätze, Wasserstoff in Feststoffen zu binden und wieder freizusetzen, um effiziente Speicher für mobile und stationäre Anwendungen zu erhalten. Wasserstoff kann prinzipiell auch direkt aus Sonnenenergie ohne den Umweg über Elektrolyseanlagen erzeugt werden. Als Zukunftsthema untersuchen Projekte die Wasserspaltung mittels Sonnenlicht in einem Schritt (Photoelektrolyse). Ein solches Verfahren könnte laut dem Verbund DuaSol auch bei der Abwasserreinigung Anwendung finden.

Das BMBF fördert Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien seit 2013 vor allem über die Initiative „Materialforschung für die Energiewende“ sowie in einer deutsch-kanadischen Kooperation (GECKO/DEKADE, siehe Kapitel 1.3.2). Wasserstoffspeicher und Elektrolyse waren auch Thema in der ressortübergreifenden Förderinitiative Energiespeicher (siehe Kapitel 2.3.2). Besondere Anforderungen und neue Konzepte für Elektrolyseure als Teil von Power-to-X-Technologien sind Gegenstand der Großprojekte P2X und Carbon2Chem (siehe Kapitel 2.3.4 und 2.3.5). Ein Großvorhaben zum Thema Wasserstoff ist das Konsortium HYPOS – Hydrogen Power & Storage Solutions East Germany.

Abbildung 8: Fördermittel für Solarthermische Kraftwerke
(Daten siehe Tabelle 2)



2.1.7 Solarthermische Kraftwerke

Solarthermische Kraftwerke nutzen die gebündelte Sonnenwärme, um Turbinen anzutreiben, die ganze Städte mit Strom versorgen. Für diese Technik wird eine hohe direkte Einstrahlung benötigt, wie sie etwa in Südeuropa, Afrika oder in Teilen Süd- oder Nordamerikas zu finden ist. Ende 2015 betrug die globale Kapazität bereits 4,8 Gigawatt, Tendenz steigend. Experten schätzen, dass sich die rund um den Globus installierte Leistung in den nächsten zehn Jahren verdrei- oder -vierfachen wird. Große solarthermische Kraftwerksprojekte sind unter anderem in Marokko, Saudi-Arabien, Dubai und Südafrika geplant beziehungsweise im Bau.

Bei den solarthermischen Kraftwerken ist nach wie vor die Parabolrinnentechnologie mit Thermoöl als Wärmeträgermedium am weitesten verbreitet. Dabei reflektieren qualitativ hochwertige Rinnenkollektoren die Direktstrahlung der Sonne auf das vom Wärmeträgermedium durchflossene Receiverrohr, in dem dieses erhitzt wird. Bei Thermoölanlagen sind Temperaturen von knapp 400 Grad Celsius möglich, die in einem Wärmetauscher genutzt werden, um Dampf zu erzeugen, der wiederum eine Turbine antreibt. Durch die Fortschritte in der Forschung und Entwicklung verschiedener Komponenten wie etwa dem Receiverrohr oder Turbinenbauteilen konnten deutliche Qualitätssteigerungen und Einsparpotenziale aufgezeigt werden.

Bei solaren Turmkraftwerken wird die Sonnenenergie von einem Heliostatenfeld eingefangen und auf einen Receiver im Turm gebündelt. Nach wie vor ist das Solarfeld mit Spiegeln und Antrieb der größte Kostenfaktor. Daher konzentrieren sich Forschungsarbeiten darauf, Heliostaten und deren Steuerung zu optimieren.

Die strategische Forschungsförderung des BMWi trägt dazu bei, die Rolle deutscher Unternehmen als technologische Marktführer im globalen Wettbewerb zu flankieren. Grundlegendes Ziel ist es, durch innovative Komponentenentwicklungen die Stromkosten aus solarthermischen Kraftwerken zu reduzieren. Hierfür werden unter anderem Projekte in den Bereichen Parabolrinnenanlagen, Fresnel-Anlagen, solare Turmkraftwerke und passende Speichertechnologien gefördert. Zudem müssen die neuen Entwicklungen, etwa bei Wärmeträgermedien oder Receivertechnik, nicht nur in Simulationen, sondern auch in Prototypen beziehungsweise Demonstrationsanlagen erprobt werden. Das DLR unterhält eine solche Demonstrationsanlage in Jülich.

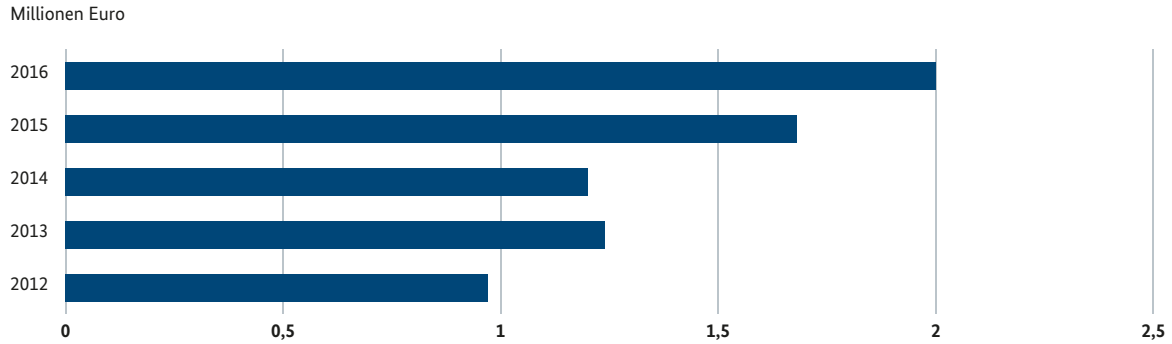
Im Jahr 2016 hat das BMWi im Bereich der solarthermischen Kraftwerke 13 neue Projekte mit einem Gesamtvolumen von rund 8,9 Millionen Euro neu bewilligt. In laufende Projekte flossen derweil 8,58 Millionen Euro (vgl. Abb. 8).

Für die Wirtschaftlichkeit von Solarturmkraftwerken ist es von zentraler Bedeutung, die Investitionskosten weiter zu senken, ohne dass die optische Qualität leidet. Bis zur Hälfte der gesamten Investitionskosten entfallen hier auf das Heliostatenfeld. Kostensenkungspotenziale untersuchen Forscher im Vorhaben HELIKONTURplus unter Koordination von schlaich bergermann partner – sbp sonne GmbH (sbp). Die definierten Ziele sollen durch optimierte Heliostatkonturen und ein angepasstes Turm- und Felddesign erreicht werden.

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Abbildung 9: Fördermittel für Wasserkraft und Meeresenergie
(Daten siehe Tabelle 2)



2.1.8 Wasserkraft und Meeresenergie

In Deutschland setzen Turbinen oder Laufwasserräder an vielen Flüssen oder Stauseen die natürliche Fließbewegung des Wassers zunächst in mechanische und dann mittels Generatoren in elektrische Energie um. In den Meeren lassen sich sowohl der Tidenhub, das periodische Fallen und Steigen des Meeresspiegels als auch der Energiegehalt der Wellen für die Stromproduktion nutzen.

In Deutschland trägt die Wasserkraft im Binnenland jährlich mit etwa drei Prozent zur Stromversorgung bei. Meeresenergieanlagen befinden sich noch in der Entwicklungs- beziehungsweise Erprobungsphase. Meeresströmungen werden in Küstennähe vor allem durch Gezeiten verursacht. Unter bestimmten topographischen Bedingungen kann die Strömung genutzt werden, um Strom zu erzeugen.

Sowohl die Wasserkraft im Binnenland als auch die Meeresenergie stehen in vielen Ländern als Energiequelle konstant zur Verfügung. Auch wenn die europäische Meeresenergiebranche bis 2020 mit einer Installation von maritimen Anlagen mit einer Gesamtleistung von nur rund 300 Megawatt rechnet: Forschung ist mit Blick auf die globalen Märkte für deutsche Anlagenbauer bedeutsam. Aus diesem Grund beschäftigen sich in Deutschland Universitäten, Forschungsinstitute und Industrieunternehmen mit verschiedenen Fragestellungen im Meeresenergiesektor.

Das BMWi fokussiert seine Forschungsförderung im Bereich der etablierten Wasserkrafttechnologie vor allem auf die Verbesserung des Wirkungsgrads von Turbinen. Darüber hinaus werden Forschungsvorhaben unterstützt, die sich mit der ökologischen Verträglichkeit der Technologie beschäftigen. Im Gegensatz zur Binnenland-Wassernutzung befinden sich die Meeresenergie-Technologien noch in einem Entwicklungs- oder Demonstrationsstadium.

Im Bereich Wasserkraft und Meeresenergie hat das BMWi im Jahr 2016 insgesamt 4 neue Projekte mit einem Fördervolumen von 3,51 Millionen Euro bewilligt. Gleichzeitig flossen 2,01 Millionen Euro in bereits laufende Forschungsvorhaben (vgl. Abb. 9).

Anders als im Gezeitenkraftwerk wird bei einem Wellenkraftwerk die Energie der Wellenbewegung und nicht die Meeresströmungsenergie bei Ebbe und Flut genutzt. Im NEMOS-Wellenkraftwerk sind bis zu 20 Meter lange Schwimmkörper über Spezialseile und Umlenkrollen mit einem Generator verbunden, der vor Salzwasser geschützt im Trockenen – beispielsweise an einem Turm – positioniert wird. Dadurch bleibt der Generator leicht zugänglich und es verringern sich die Kosten, die durch den starken Verschleiß der Komponenten im Salzwasser anfallen. Das vom BMWi geförderte Verbundvorhaben NEMOS wird durch das Unternehmen NEMOS aus Duisburg koordiniert.

2.2 Energieverteilung und Energienutzung

2.2.1 Speicher

Speicher stellen für das Energiesystem eine relevante Flexibilitätsoption dar. Sie tragen dazu bei, Schwankungen, die durch das Einspeisen erneuerbarer Energien entstehen, in den Versorgungsnetzen auszugleichen. Dadurch schaffen

sie Spielraum für das weitere Fortschreiten der Energiewende und erhöhen die Dynamik und Stabilität des Stromsystems, indem sie Überschüsse aufnehmen und zu Spitzenzeiten wieder an das Verteilnetz abgeben.

Auch für das Verknüpfen der Strom-, Wärme-, Kälte- und Verkehrssektoren sind Speicher eine wichtige Schnittstelle. Unter dem Schlagwort „Sektorkopplung" entstehen zwischen bisher getrennten Märkten Synergien und führen zu einem flexibleren System mit hohen Anteilen erneuerbarer Energien.

Insgesamt haben elektrische Speicher ihre positive Marktentwicklung fortgesetzt. Analysten erwarteten für 2016 eine Verdopplung des Marktvolumens für Speichersysteme auf eine weltweit neu installierte Speicherkapazität von rund 2,9 Gigawattstunden. Batteriesysteme könnten 2017 bereits die Speicherparität erreichen. Darunter versteht man, dass die Gestehungskosten für Elektrizität, die mit einer PV-Anlage erzeugt und zwischengespeichert wird, gleichauf liegen mit klassischem Haushaltsstrom vom Energieversorger. Möglich machen dies sinkende Kosten pro Kilowattstunde und steigende Kapazitäten für PV-Heimspeicher.

Power-to-Gas ist ein wesentlicher Schwerpunkt der angewandten Speicherförderung des BMWi, denn noch ist dieses Verfahren sehr kostenintensiv. Projekte wie GreenH2 wollen das ändern und Wasserstoff preiswert, lastflexibel und nachhaltig erzeugen. Auch der Aufbau einer wettbewerbsfähigen Stack-Produktion in Deutschland ist eines der Ziele, die das Ministerium unterstützt. Hierzu forschen mehrere Verbünde, wie beispielsweise NeStPEL.

Weiter setzt das BMWi in der Projektförderung zu Stromspeichern auf die Weiterentwicklung von Batteriesystemen, wie beispielsweise Lithium-Ionen oder Redox-Flow. Hinzu kommen Druckluft-, Wasserstoff- und Schwungradspeicher sowie Superkondensatoren.

Druckluftspeicher sind beispielsweise als schnell regelbare Kraftwerke interessant, da sie einerseits überschüssigen Strom aufnehmen können und als adiabate Speicher Wärmeenergie nutzen. Auf diese Weise können sie Tagesschwankungen ausgleichen und am Regelenergie- und Kapazitätsmarkt teilnehmen. Damit können sie langfristig in Kombination mit erneuerbaren Energieanlagen konventionelle Kraftwerke ersetzen. Ihr größtes Potenzial sind die großen Kapazitäten dieser Speicher, bis hin zu einigen Gigawatt. Die Kosten sind dabei vergleichbar zu Pumpspeichern. Und auch bei Pumpspeichern könnten sich neue Optionen für die Energiewende ergeben, beispielsweise durch das Umrüsten ehemaliger Steinkohlebergwerke. Hierzu untersucht die Universität Bochum mit zwei Partnern im Verbundprojekt UPSW2, wie sich ein solches System unter Tage wirtschaftlich und technisch umsetzen lässt.

Die Digitalisierung spielt bei der Integration von Energiespeichern eine wichtige Rolle. Das im Rahmen der Förderinitiative Energiespeicher geförderte Verbundprojekt green2store (siehe unten) untersucht den Einsatz intelligenter IKT-Lösungen für Speicher.

Das BMBF fördert Vorhaben der anwendungsorientierten Grundlagenforschung im Bereich Energiespeicher als Wegbereiter für die Speichertechnologien von morgen. Ein Beispiel ist die Silizium-Luft-Batterie, die theoretisch weit höhere Energiedichten erreichen kann als heutige Lithium-Ionen-Batterien. Das ermöglicht deutlich höhere Reichweiten für Elektroautos. Zudem ist Silizium kostengünstig, umweltfreundlich und nahezu unbegrenzt verfügbar.

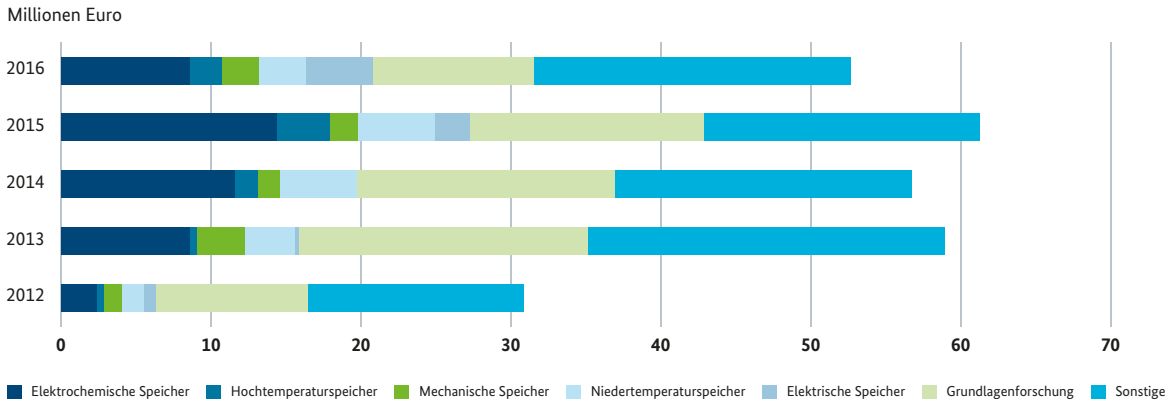
Das BMBF fördert mit dem Verbund AlSiBat ein Forschungsprojekt zu dieser zukunftsweisenden Technologie. Im Juli 2016 haben die Forscher von AlSiBat erstmals eine Rekord-Laufzeit von über 1.000 Stunden für eine Silizium-Luft-Batterie berichtet.

Die Projektförderung des BMBF adressiert Speichertechnologien auf breiter Front: Neben Batterien und Superkondensatoren sowie thermischen Speichern werden auch Konzepte vorangetrieben, die die Erzeugung und Speicherung von Wasserstoff, Methan oder synthetischen Brennstoffen (zum Beispiel Methanol) nutzen und hinsichtlich ihrer Kapazität als Stromreserve allen anderen Speichern überlegen sind (Power-to-Gas, Power-to-X). Deren Schlüsselkomponente Wasserelektrolyse adressiert das Clustervorhaben MANGAN: Es bestimmt das technische Potenzial des Elements Mangan als hochverfügbarer und kostengünstiger Katalysator für die Teilprozesse der Wasserspaltung. Der Verzicht auf teure Edelmetallkatalysatoren wäre ein entscheidender Schritt zum Erfolg des Speicherkonzepts Power-to-Gas.

Die Speicherförderung des BMBF umfasst neben einer Beteiligung an der Förderinitiative Energiespeicher (siehe unten) auch Projekte im Rahmen der Förderinitiative „Materialforschung für die Energiewende" (siehe Kapitel 2.3.7), sowie Teile von großangelegten Projekten aus dem Themenbereich Power-to-X/Elektrolyse (MANGAN, Carbon2Chem – siehe Kapitel 2.3.5, Kopernikus P2X – siehe Kapitel 2.3.4). Zusätzlich zu den BMBF-Aktivitäten im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms leisten auch weitere Förderprogramme

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Abbildung 10: Fördermittel für Speicher
(Daten siehe Tabelle 3)



des BMBF einen Beitrag zu Innovationen bei Speichertechnologien, zum Beispiel das Programm „Vom Material zur Innovation“ (siehe Kapitel 4.1.5).

Im Jahr 2016 haben das BMWi und das BMBF im Bereich der Energiespeicher 395 laufende Vorhaben gefördert und 109 Forschungsprojekte neu bewilligt. Für die laufenden Projekte haben die Ministerien rund 53 Millionen Euro Fördermittel aufgewendet. Die Neubewilligungen haben einen Gesamtfördermittelansatz von 56,98 Millionen Euro.

Förderinitiative Energiespeicher

Insgesamt 259 Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, von grundlegenden Arbeiten bis hin zu anwendungsorientierten Demonstrationsprojekten, werden vom BMWi und BMBF im Rahmen der Förderinitiative Energiespeicher unterstützt. Es zeichnet sich ab, dass diese Initiative ihrem Anspruch gerecht wird, die Kooperation zwischen Wissenschaft und Wirtschaft im Bereich der Energiespeicher zu verbessern und durch einen starken Aufwuchs der Fördermittel auf eine Beschleunigung der Entwicklung von Speichertechnologien hinzuwirken. Neben den erzielten Erfolgen in der Speicherforschung haben auch die geförderten Demonstrationsprojekte wichtige Impulse für die Hochskalierung der Technologien und die Entwicklung von Konzepten und Geschäftsmodellen gegeben. Es zeigt sich jedoch auch, dass für den langfristigen wirtschaftlichen Erfolg weitere technologische Innovationen erforderlich sind. Zudem ist festzuhalten, dass Geschäftsmodelle eher mit politischen als mit technologischen Rahmenbedingungen zusammenhängen.

Das BMWi fördert innerhalb der Initiative die anwendungsorientierte Forschung. Zu den erfolgreichen Projekten zählt green2store. In dem Vorhaben haben die beteiligten Partner einen integrativen, virtuellen Stromspeicher entwickelt. Die Energy Storage Cloud stellt für Energiehändler, Anlagenbetreiber und Verbraucher Speicherkapazitäten bereit und folgt damit dem Prinzip des Cloud-Computing. Auf diese Weise können verschiedenste Akteure Energiespeicher nutzen, ohne sie selbst vorhalten zu müssen. Zudem ermöglicht das Bündeln eine höhere Auslastung der einzelnen Speicher.

Innerhalb der vom BMBF geförderten Projekte der anwendungsorientierten Grundlagenforschung sind Erfolge in der Forschung an Katalysatoren für die Wasserelektrolyse zu nennen (signifikante Verringerung des teuren Edelmetallanteils, Projekt ELY-KAT) oder ein neuer kombinierter Wasserstoff- und Wärmespeicher für Brennstoffzellen-Geräte im Gebäudebereich, der von den Forschern des Projektes HD-HGV auf der Hannover Messe 2016 präsentiert wurde. Auch in der Batterieforschung konnten grundlegende Erfolge erzielt werden. So fanden Forscher im Projekt CryPhys-Concept Grundlagen für eine neue Aluminium-Ionen-Festkörperbatterie. Diese Technologie, deren Potenzial – ähnlich wie schon bei der oben erwähnten Silizium-Luft-Batterie – ebenfalls deutlich über die Lithium-Ionen-Batterie hinausgeht, soll derzeit in einem Verbund aus Industrie und Forschung im Rahmen der BMBF-Initiative „Materialforschung für die Energiewende“ die nächsten Schritte auf dem Weg zur Anwendung gehen.

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

2.2.2 Netze

Stromnetze verbinden die Erzeugungs-, Speicher- und Verbrauchsinfrastruktur und ermöglichen den Austausch und das Verteilen von Energie. Mit der Energiewende vollzieht sich nun der Wechsel von wenigen zentralen, konventionellen hin zu vielen dezentralen, erneuerbaren Energieanlagen. Dieser Wandel erhöht die systemische Bedeutung von Übertragungs- und Verteilnetzen als zentrale Koordinierungselemente und zieht einen steigenden Regelungsbedarf nach sich.

Um Erzeugung und Verbrauch aus- und anzugleichen und zugleich Frequenz und Spannung konstant zu halten, sind eine entsprechende Netzinfrastruktur und flexible Betriebsstrategien erforderlich. Die Integration fluktuierender Erzeugungskapazitäten aus erneuerbaren Energien in das System setzt somit den Um- und Ausbau der Übertragungsnetze für die Höchstspannung und der Verteilnetze für die Hoch-, Mittel- und Niederspannung sowie den Einsatz innovativer Komponenten und Materialien voraus. Intelligente Netze (Smart Grids) sollen zudem eine effiziente Feinabstimmung zwischen Stromproduzenten und -konsumenten ermöglichen und damit zugleich auch den Netzausbaubedarf reduzieren. Zusätzlich entstehen durch die Digitalisierung weitere Potenziale für einen flexibilisierten und dynamischen Betrieb. Gleichzeitig stellen sich aber auch neue Fragen, beispielsweise zu Datensicherheit und -speicherung oder zur Kompatibilität der eingesetzten Informations- und Kommunikationstechnologien. Die rechtlichen Rahmenbedingungen hat der Deutsche Bundestag im Juni 2016 mit dem Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende und dem Gesetz zur Weiterentwicklung des Stromnetzes geschaffen. Nun gilt es, durch Forschung und Entwicklung die technischen und konzeptionellen Hürden zu nehmen.

Das BMWi legt daher einen der Schwerpunkte der angewandten Projektförderung zu Stromnetzen auf Vorhaben, die sich mit der Wirkung und den Potenzialen einer digitalisierten Netzinfrastruktur auseinandersetzen. Hierzu zählen die Entwicklung neuer Steuer- und Regelstrategien und Netzmanagementsysteme für Smart Grids ebenso wie die Definition und Standardisierung von Schnittstellen für den Datenaustausch, die Datenspeicherung und -sicherheit, Prognoseverfahren, ein bidirektionales Energiemanagement, aber auch Forschungsprojekte zum Stromhandel, der Netzplanung und der Systemsimulation. In dem Zusammenhang fördert das BMWi Vorhaben wie FlAixEnergy, das zum Beispiel eine Energieflexibilitätsplattform erarbeitet, um den regionalen Stromverbrauch industrieller Anwender zu synchronisieren und zu vermarkten. Aber auch das Projekt uGRIP, ein internationaler Verbund innerhalb des ERA-Net Cofund Smart Grids Plus, der das systemdienliche Verhalten von Microgrids durch lokale Märkte untersucht.

Das Stromnetz der Zukunft bedarf neuartiger leistungselektronischer Komponenten. Hierzu hat das BMWi 2015 einen Förderaufruf veröffentlicht, aus dem 16 Projekte hervorgegangen und größtenteils 2016 gestartet sind. Darunter auch das Projekt DC-INDUSTRIE, bei dem ein intelligentes, offenes Gleichstromnetz (DC-Netz) entsteht, das energiebedarfsorientiert innerhalb von industriellen Produktionsanlagen verteilen kann.

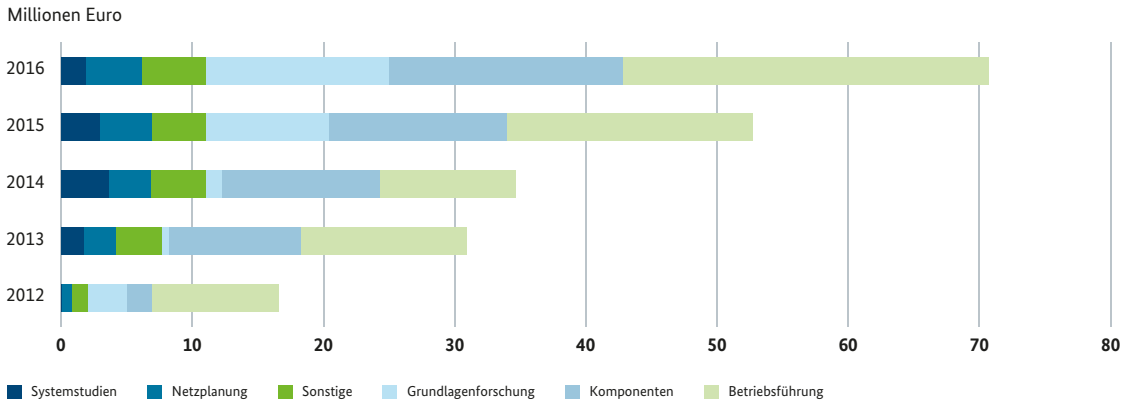
Zu den weiteren Förderthemen zählen IT-gestützte Prognoseverfahren, um das Wetter als entscheidenden Einflussfaktor auf die Erträge von Wind- und Solarkraftwerken – und damit auch auf den Betrieb der Netzinfrastruktur – zuverlässig vorhersagen zu können. Dazu hat sich der Forschungsverbund EWeLiNE mit innovativen Wettermodellrechnungen beschäftigt und im November 2016 die Arbeiten erfolgreich abgeschlossen.

Künftig werden erneuerbare Energieanlagen vermehrt Systemdienstleistungen bereitstellen müssen, die heute konventionelle Kraftwerke leisten. Dazu zählt unter anderem, dass Wind- oder Solarkraftwerke den Frequenz- und Spannungserhalt im Netz unterstützen oder Blindleistung bereitstellen. Auch hier sind neue Konzepte und technische Lösungen gefordert, die durch Förderung unterstützt werden. Hinzu kommt, dass ein System mit einer Vielzahl umrichterbasierter Erzeugungsanlagen andere Planungs- und Betriebsmittel erforderlich macht als die bisherigen Kraftwerksparks. Ein BMWi-gefördertes Projekt dazu ist Verteilnetz 2020. Der Verbund beschäftigt sich mit Komponenten, die den Spannungserhalt und die Netzqualität auch bei einem hohen Anteil erneuerbarer Energien garantieren.

Ein wichtiges Element zur Weiterentwicklung der Förderstrategien des BMWi ist das Forschungsnetzwerk Stromnetze, das Anfang 2017 neu aufgestellt wurde und über 120 Experten vereint. Insbesondere Themen der Digitalisierung werden darin künftig stärker fokussiert und besser vernetzt.

Für die Projektförderung haben das BMWi und das BMBF im Bereich Stromnetze 2016 insgesamt 119 Projekte im Umfang von rund 53,23 Millionen Euro neu bewilligt. Für die 620 laufenden Vorhaben wurden rund 70,93 Millionen Euro aufgewendet.

Abbildung 11: Fördermittel für Netze
(Daten siehe Tabelle 3)



Förderinitiative Zukunftsfähige Stromnetze

Mit der Forschungsinitiative Zukunftsfähige Stromnetze der Bundesregierung fördern BMWi und BMBF die Entwicklung innovativer Verfahren, Konzepte und Materialien für leistungsstarke Netze für die Energiewende. Die ressortübergreifende Initiative ist Teil des 6. Energieforschungsprogramms und soll die notwendigen technischen Voraussetzungen für intelligente Verteil- und Übertragungsnetzstrukturen sowie dynamische Netzplanung und Netzbetriebsführung schaffen.

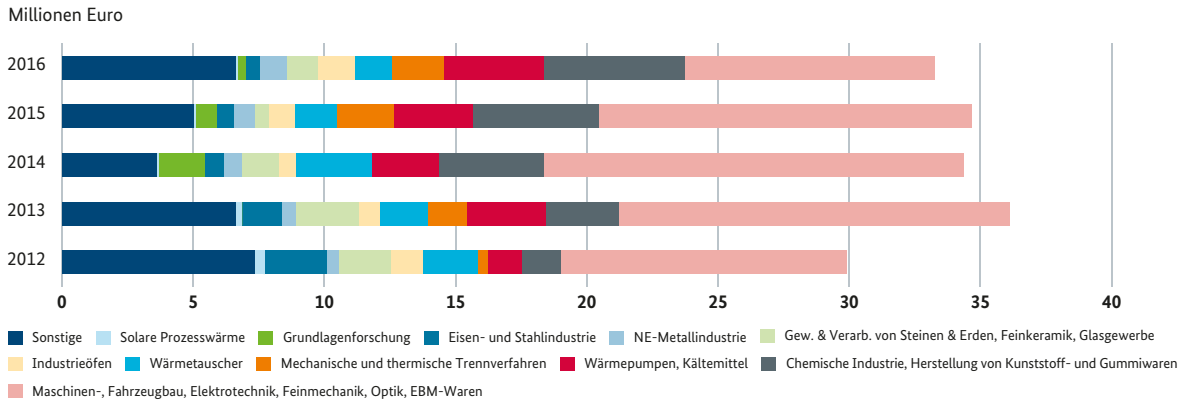
Die geförderten Projekte verfolgen innovative Konzepte für leistungsfähigere Stromnetze, die für eine erfolgreiche Energiewende unverzichtbar sind. Zu den durch das BMWi geförderten Projekten zählt das Verbundvorhaben eSafeNet. Innerhalb des Vorhabens entwickelt ein Konsortium ein energieeffizientes und sicheres Kommunikationsnetz für das Internet der Energie, das alle Akteure der Energiewirtschaft integrieren und durch den Einsatz zuverlässiger IKT-Übertragungstechnik intelligent miteinander verbinden will.

Das BMBF fördert ebenfalls Projekte, die durch Entwicklung leistungsstarker Komponenten (HV-SiC) oder innovativer Gleichspannungskonzepte (DC-Direkt) die Netzinfrastruktur an die veränderten Rahmenbedingungen der Energiewende anpassen helfen. Insgesamt zielen die geförderten Projekte darauf ab, die vorhandene Netzinfrastruktur optimal auszunutzen und einen möglichst großen Teil des sonst erforderlichen Netzausbaus zu vermeiden. Dabei werden auch Ansätze berücksichtigt, bei denen die Systemstabilität, der erforderliche Netzschutz oder die zunehmenden Anforderungen an Netzüberwachung und -diagnose im Vordergrund stehen. Beispielhaft seien hier die Projekte „Fühler im Netz“ und „CoNDyNet“ genannt. „Fühler im Netz“ versucht aus vorhandenen Informationen der Datenkommunikation mittels Breitband-Powerline (BPL) auf den Zustand der Netzinfrastruktur rückzuschließen. Erste systematische Zusammenhänge konnten bereits identifiziert werden. Das Projekt wurde im Juni 2016 im Rahmen der vom Bundespräsidenten veranstalteten „Woche der Umwelt“ einem breiteren Publikum vorgestellt. „CoNDyNet“ wendet mathematische Methoden aus der theoretischen Physik an, um im Rahmen einer ganzheitlichen Betrachtung nicht lineare, kollektive Phänomene in Stromnetzen, wie z. B. Resonanzeffekte, zu erforschen. Innerhalb des Projektes wurde die freie Simulationssoftware PyPSA mit einem Modell des deutschen Elektrizitätssystems erarbeitet und veröffentlicht. Diese hat sich schnell zu einem neuen Standard in der Forschungscommunity entwickelt und wird inzwischen auch weltweit genutzt.

Im September 2016 fand in Berlin eine erste Statuskonferenz zur Förderinitiative statt, an der mehr als 300 Akteure aus Wissenschaft, Industrie und Gesellschaft teilnahmen. Neben der Vorstellung der Projekte und der bisher erzielten Ergebnisse wurden in Impulsvorträgen und Podiumsdiskussionen die Herausforderungen und Chancen eines dezentralen Netzes erörtert. Zudem diskutierten die Experten über Themen wie Systemdienstleistungen, Informations- und Kommunikationstechnik, deren Sicherheit sowie Netzplanung und Netzausbau. Weitere Schwerpunkte bildeten die

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Abbildung 12: Fördermittel für Energieeffizienz in Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
(Daten siehe Tabelle 3)



Erfahrungen zur Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft und die Möglichkeiten des Technologietransfers in die Praxis.

2.2.3 Energieeffizienz in Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen

Branchen wie Maschinenbau, Fahrzeugbau, Elektrotechnik, Baustoffe, Chemie, Glas, Papier oder etwa Eisen und Stahl gehören zu den großen industriellen Energieverbrauchern in Deutschland. Hierauf entfällt rund ein Drittel der insgesamt in Deutschland verbrauchten Energie. Entsprechend hoch sind die damit verbundenen CO_2-Emissionen. Unternehmen, die keine Energie einsparen oder keine energieeffizienten Produkte, Dienstleistungen und Verfahren anbieten, werden es künftig auf dem Markt schwerer haben, sich zu behaupten. Dabei sind die Einsparpotenziale der unterschiedlichen Branchen weit gefächert und reichen von Antrieben, Motoren und Pumpen über mechanische und thermische Verarbeitungsschritte bis zu Querschnittstechnologien und neu gestalteten Produktionsprozessen. Das BMWi fördert die Forschung und Entwicklung energieeffizienter und ressourcenschonender Technologien in der Breite des Industriesektors und stärkt damit die Position der deutschen Teilnehmer im internationalen Wettbewerb.

Die Energieforschung im Förderbereich „Energieeffizienz in Industrie und Gewerbe, Handel und Dienstleistungen“ zeichnet sich durch eine breite thematische sowie technologische Vielfalt aus. Um hier gezielte Forschung und Entwicklung zu ermöglichen und Fördermaßnahmen effizient zu halten, hat das BMWi 2016 das Forschungsnetzwerk Energie in Industrie und Gewerbe mit folgenden sieben Forschungsfeldern etabliert: Chemische Verfahrenstechnik, Hochtemperatursupraleitung, Tribologie, Fertigungstechnik, Abwärmenutzung, Gas- und Industriemotoren sowie Eisen und Stahl. In diesen themenspezifischen Forschungsfeldern werden strategische Schlüsselthemen des Forschungsbereichs Industrie und Gewerbe künftig gebündelt, die langfristig wichtige Synergien schaffen. Als Schnittstelle zwischen Forschung, Politik und Praxis ermöglichen die Forschungsfelder den themenspezifischen wissenschaftlichen Austausch, langfristige Forschungskooperationen sowie programmatische Weiterentwicklungen.

Die Projektförderung des Bundes im Bereich Energieeffizienz in Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen belief sich im Jahr 2016 auf rund 33,70 Millionen Euro für 379 laufende Projekte (vgl. Abb. 12). Neu bewilligt wurden 115 Projekte mit insgesamt rund 56,57 Millionen Euro Fördersumme.

Die Entwicklungen zur energetischen Optimierung einzelner Maschinen und Anlagenkomponenten sind mittlerweile an vielen Stellen nahezu ausgereizt. Deshalb stehen nun auch gesamte Prozessketten in Herstellungsverfahren und das energetische Zusammenspiel vom Rohstoff bis zum fertigen Produkt im Fokus der Forschungsförderung. Exemplarisch für die Aktivitäten im neuen Forschungsfeld Fertigungstechnik ist im März 2016 an der Technischen Universität in Darmstadt die ETA-Fabrik eröffnet worden. Das vom BMWi mit rund 8 Millionen Euro geförderte Demonstrationsvorhaben zeigt am Beispiel einer für die

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

metallverarbeitende Industrie typischen Fertigungskette, wie der Primärenergiebedarf in Prozessketten reduziert werden kann.

Weiter ist das BMWi-geförderte Forschungsvorhaben High-TEG (Forschungsfeld Abwärmenutzung) hervorzuheben, das im November 2016 mit dem Deutschen Nachhaltigkeitspreis ausgezeichnet worden ist. Forscher haben hier ein neues Verfahren entwickelt, mit dem sich thermoelektrische Module industriell kostengünstig fertigen lassen.

Ein weiterer Preisträger in 2016 ist das mit rund 5,9 Millionen Euro geförderte Forschungsvorhaben AmpaCity (Forschungsfeld Hochtemperatursupraleitung), das den Deutschen Innovationspreis für Klima und Umwelt für die weltweit längste Strecke eines Hochtemperatur-Supraleiterkabels bekommen hat.

2.2.4 Energie in Gebäuden und Quartieren

Etwa ein Drittel des gesamten Energieverbrauchs und der CO_2-Emissionen in Deutschland entfallen auf Wohn- und Nichtwohngebäude. In diesem Bereich gibt es enormes Potenzial, den Energiebedarf zu reduzieren und den verbleibenden Bedarf auf Basis erneuerbarer Energiequellen effizient zu decken.

Mit der Energieeffizienzstrategie Gebäude (ESG) hat die Bundesregierung das Ziel vorgegeben, den Gebäudebestand bis 2050 nahezu klimaneutral zu gestalten und rund 80 Prozent weniger Energie zu benötigen als im Jahr 2008. Auf Grundlage des 6. Energieforschungsprogramms leistet die Energieforschung einen wichtigen Beitrag. Bereits eine Vielzahl technischer Innovationen ist entwickelt, erforscht und in wissenschaftlich begleiteten Demonstrationsprojekten erprobt.

Die Energiewende der vergangenen Jahre zeichnete sich vor allem durch eine Stromwende aus. Rund die Hälfte des Endenergieverbrauchs in Deutschland entfällt jedoch auf die Erzeugung von Wärme und Kälte. Vor diesem Hintergrund wird deutlich: Die Energiewende kann ohne Wärmewende nicht gelingen. Zwischen 2008 und 2015 konnte der Wärmebedarf in Gebäuden (gebäuderelevanter Endenergieverbrauch) um rund 11 Prozent gesenkt werden und im Jahr 2015 haben erneuerbare Energien bereits mehr als 13 Prozent zum Wärmeverbrauch in Deutschland beigetragen.

Um die Energie- und Wärmewende im gesamten Gebäudebestand umzusetzen, sind auf allen Ebenen weitere Innovationen gefragt. Das BMWi fördert innovative Technologien und Konzepte auf dem Weg zu einer effizienten und klimaneutralen Wärme- beziehungsweise Kälteversorgung. Optimierte Wärmenetze sind hier ein wesentlicher Baustein, um erneuerbare Energiequellen wie Solarthermie, Geothermie oder auch die Einspeisung von Industrieabwärme bestmöglich zu nutzen.

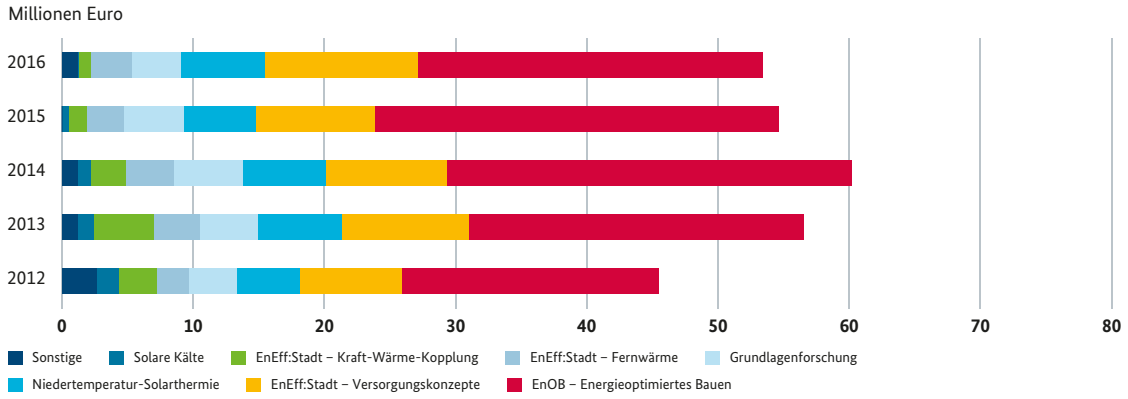
In ambitionierten Demonstrationsprojekten typischer Gebäude und Stadtquartiere werden praktische Erfahrungen bei der Anwendung innovativer Technologien und Planungshilfsmittel, beim Umsetzungsmanagement und der Betriebsoptimierung gesammelt. Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen werden wissenschaftlich ausgewertet und lassen sich auf andere Vorhaben und Standorte übertragen. Ein interdisziplinäres Team der wissenschaftlichen Begleitforschung wertet für die inhaltliche Vernetzung der Forschungsbereiche neben den Demonstrationsvorhaben auch alle laufenden und abgeschlossenen Projekte im Bereich Gebäude und Quartiere aus. Die Wissenschaftler stellen Planungswerkzeuge, projektspezifische Kennwerte und Ergebnisse aus den Monitorings der Vorhaben in einer interaktiven „Landkarte der Projekte“ zur Verfügung – eine Datenbank, die von allen interessierten Planern (auch außerhalb der Forschungsvorhaben) genutzt werden kann.

Ein wachsendes Forschungsfeld für Gebäude und Quartiere ist derzeit die Informations- und Kommunikationstechnik (IKT): Denn innovative Gebäudetechnik und intelligente elektrische, thermische sowie digitale Vernetzung können Gebäude und Quartiere energetisch maßgeblich optimieren. Beim Neubau, der Sanierung oder auch im laufenden Gebäudebetrieb gewinnen zudem moderne Planungswerkzeuge an Bedeutung. Hier gibt es spezialisierte Software und Tools sowie innovative Ansätze für die Gebäude- und Anlagensimulation.

Im Fokus der Forschungsförderung zu energieoptimierten Gebäuden und Quartieren stehen vor allem innovative, effiziente sowie wirtschaftliche Versorgungsstrukturen. Systemische Ansätze statt Einzellösungen sind gefragt, um die Sektorkopplung und Digitalisierung voranzutreiben und den Primärenergiebedarf im gesamten System durch die Integration erneuerbarer Energien signifikant zu senken.

Im Bereich Gebäude und Quartiere wurde von der Bundesregierung im Jahr 2016 die Energieforschung mit rund 53,60 Millionen Euro für 549 laufende Projekte gefördert. 148 Projekte mit einem Fördervolumen von 69,19 Millionen Euro sind 2016 neu bewilligt worden.

Abbildung 13: Fördermittel für Energieeffizienz in Gebäuden, Quartieren und Städten und Niedertemperatur-Solarthermie (Daten siehe Tabelle 3)



2016 hat das BMWi die bisherigen Förderschwerpunkte Energieoptimiertes Bauen (EnOB), Energieeffiziente Stadt (EnEff:Stadt) und Energieeffiziente Wärmeversorgung (EnEff:Wärme) einschließlich der Forschung zu thermischen Energiespeichern und zur Niedertemperatur-Solarthermie unter der Forschungsinitiative ENERGIEWENDEBAUEN zusammengefasst. Auch die im April 2016 veröffentlichten Förderbekanntmachungen „EnEff.Gebäude.2050“ (siehe Kapitel 4.1.3) und „Solares Bauen/Energieeffiziente Stadt“ (siehe unten) fallen darunter.

Mit dem BMBF-Wettbewerb „Energieeffiziente Stadt“ wurde ein neuer Ansatz in der Energieforschung verfolgt: In den Städten werden technische, verwaltungstechnische und sozialwissenschaftliche Fragen unter Einbindung aller Handelnden (Kommunen, Forschung und Wirtschaft) in den Blick genommen. Im Jahr 2016 fand die Abschlussveranstaltung dieser Initiative statt.

Die fünf Gewinnerstädte haben mit Hilfe der Forschung Wege in die energie- und ressourceneffiziente, klimafreundliche und soziale Stadt der Zukunft eingeschlagen:

Delitzsch realisierte gemeinsam mit den Bürgern eine nachhaltige Stadtentwicklung. Es wurde ein „Masterplan Energieeffizienz“ entwickelt, der für jeden Stadtteil individuell die effektivsten Maßnahmen ausweist. 2015 wurde die Stadt daraufhin mit dem European Energy Award Gold ausgezeichnet.

In der Ruhrgebietsstadt Essen ist die Klimaagentur Motor und Drehscheibe für eine neue Klimakultur. 100 Handwerker und lokale Unternehmen haben als lokale Partner Klimaschutz und Energieeffizienz zu ihrem Geschäftsmodell gemacht, rund 150.000 Bürger informierten sich über Maßnahmen und fast 50.000 Beratungen zur Umsetzung von Projekten wurden durchgeführt. Aufbauend auf diesen Ergebnissen wird Essen 2017 zu Europas Green Capital/zur Grünen Hauptstadt Europas.

In der Landeshauptstadt Magdeburg lag der Fokus auf dem Bereich Verkehr. Hier steuert nun ein intelligentes Verkehrsmanagementsystem Ampeln, organisiert den Lieferverkehr mit Elektroautos und verbessert Streckenführung und Anbindung des öffentlichen Nahverkehrs. So wird der Verkehrsfluss so weit als möglich verringert, optimiert und die Abgase werden reduziert.

100 Maßnahmen für Energieeffizienz hat die Landeshauptstadt Stuttgart gemeinsam mit ihren Bürgern entwickelt. Der Anteil der Erneuerbaren hat sich dadurch innerhalb von vier Jahren verdoppelt und die CO_2-Emissionen um ein Zehntel reduziert. Auf Basis dieser Maßnahmen wurde das neue Energiekonzept „Urbanisierung der Energiewende in Stuttgart“ erarbeitet. So möchte Stuttgart bis 2050 klimaneutral werden.

Wolfhagen erzeugt seit 2015 mehr Strom aus Erneuerbaren, als es selbst verbraucht. Wolfhagen ist zur Vorzeigestadt für erneuerbare Energien geworden und zieht Besuchergruppen aus aller Welt an. Das Berufsschulzentrum mit dem lichtdurchlässigen Solardach ist über die Landesgrenzen hinaus bekannt. In der „WandelBar“ können sich Bürger einbringen und über Energieeffizienzmaßnahmen informieren. Im

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Rahmen des Projektes wurde 2015 eine Bürgerstiftung gegründet. Hier sind die Wolfhager Bürger gefragt: Sie sollen auch weiterhin mit ihren Ideen neue Maßnahmen mitgestalten.

Das BMBF hat für den Wettbewerb 25 Millionen Euro bereitgestellt.

Das BMBF fördert im Rahmen der Initiative „Materialforschung für die Energiewende“ Innovationen auf der Materialebene. Beispielsweise wird im Forschungsverbund „NanoFIM“ eine neue Klasse von Nanoisolationsmaterialien in Form von Vliesen aus Nanofasern als Hochleistungsdämmstoff entwickelt. Die Materialien erlauben eine verbesserte Isolierwirkung von Bau- und Dämmstoffen für den Einsatz in Neubauten und zur Altbausanierung. Die Entwicklung eines neuartigen Dämmstoffes auf Basis des Biopolymers Celluloseacetat, das aus dem nachwachsenden Rohstoff Holz gewonnen werden kann, ist Ziel des Verbundvorhabens „CA-Flammschutz“. Insbesondere werden hier drängende Fragen bezüglich des Brandschutzes adressiert.

Ressortübergreifende Forschungsinitiative: Solares Bauen – Energieeffiziente Stadt

Im April 2016 haben das BMWi und das BMBF die ressortübergreifende Förderinitiative „Solares Bauen/Energieeffiziente Stadt“ veröffentlicht. Mit einem Fördervolumen von bis zu 150 Millionen Euro adressiert sie Projekte, die zeigen, wie durch Innovationen und intelligente Vernetzung energetisch hochwertige, lebenswerte Gebäude und Quartiere entstehen können. Neben technologischen werden hier insbesondere auch sozial-ökologische und sozioökonomische Aspekte berücksichtigt. Die Maßnahme ist der Beitrag der Energieforschung zur Dachinitiative „Zukunftstadt“ und wird flankiert durch die Förderinitiative „EnEff.Gebäude.2050“, die durch Modellprojekte die Lücke zwischen Forschungsergebnissen und marktreifen Anwendungen überbrücken soll. Sie stellt im Rahmen des Energie- und Klimafonds (EKF) weitere 35 Millionen Euro für modellhafte Innovations- und Transformationsprojekte sowie für einen Ideenwettbewerb zu Gebäuden und Quartieren der Zukunft bereit.

Die Förderinitiative „Solares Bauen/Energieeffiziente Stadt“ ist modular aufgebaut: Im Modul 1 „Solares Bauen“ fördert das BMWi ambitionierte Verbundvorhaben, die durch eine Kombination von Forschung, Entwicklung und Demonstration dazu beitragen, die Energieeffizienzstrategie Gebäude (ESG) der Bundesregierung für mehrgeschossige Wohnbauten bei Sanierung und Neubau umzusetzen. In Modul 2 „Energieeffiziente Stadt“ fördern BMWi und BMBF gemeinsam umfassende und systemisch angelegte Leuchtturmprojekte im Quartier. Sie sollen zeigen, dass ein energetisches Gesamtkonzept alle relevanten Akteure von der Grundlagenforschung bis in die Umsetzung einbezieht. Hierzu sollen sich breit aufgestellte Konsortien aus Kommunen, Forschungseinrichtungen, Vertretern der Gesellschaft und Unternehmen, wie etwa Energieversorger und Wohnungsbaugesellschaften, zusammenschließen. Dabei gilt es, den Energieverbrauch zu senken, die Sektorkopplung voranzutreiben und das gesamte System durch die Integration erneuerbarer Energien schrittweise zu dekarbonisieren. Geförderte Projekte sollen maßgeblich zur Energiewende vor Ort und insbesondere zur lokalen Wärmewende beitragen. Erweitert werden sollen diese wissenschaftlich-technischen Fragen in den Forschungsvorhaben insbesondere durch die Berücksichtigung von sozialwissenschaftlichen und sozioökonomischen Aspekten, wie dem demografischen Wandel der Gesellschaft, Forderungen nach bezahlbarem Wohnraum in Ballungszentren und Bürgerbeteiligung. Ziel sind visionäre und tragfähige Zukunftskonzepte, die zeigen, wie flexibel nutzbarer sowie energetisch hochwertiger Wohnraum in Verbindung mit optimierter Energieinfrastruktur wirtschaftlich geschaffen werden kann.

Wertvolle Impulsgeber der ressortübergreifenden Förderinitiative waren das Forschungsnetzwerk Energie in Gebäuden und Quartieren und die Forschungs- und Innovationsagenda (FINA) der Nationalen Plattform Zukunftsstadt (NPZ).

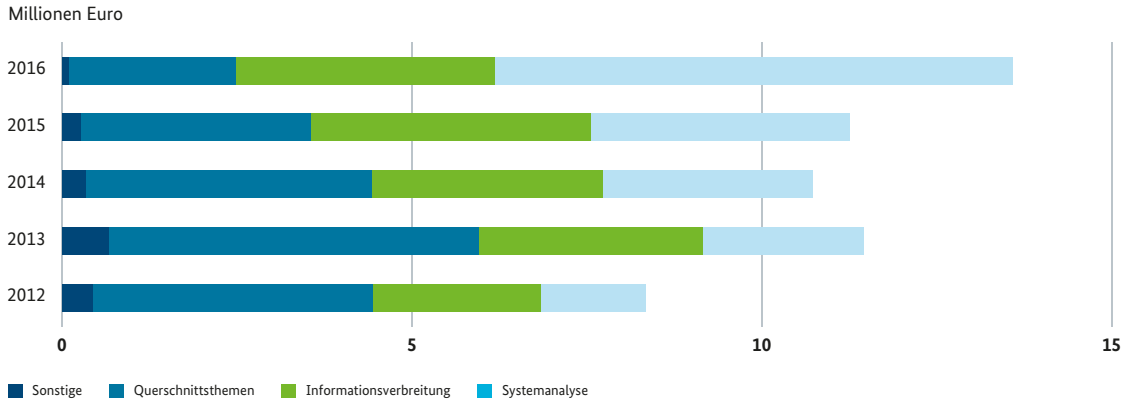
2.3 Systemorientierte Energieforschung und Querschnittsthemen

2.3.1 Systemanalyse

Die Systemanalyse stellt Orientierungswissen bereit, das die gesamte Wertschöpfungskette der Energieversorgung abbilden, analysieren und prognostizieren kann. Mit Modellen und Simulationen schafft sie die Grundlage für die Planung eines stabilen und zuverlässigen Zusammenwirkens aller Elemente und Komponenten des Energiesystems. Sie agiert in einem stetig komplexer werdenden Forschungsfeld, beeinflusst durch technische, ökologische, wirtschaftliche, sozioökonomische und politische Faktoren, die auf das Gefüge einwirken.

Die Digitalisierung ermöglicht neue Potenziale für die Systemanalyse dank vernetzter Systemkomponenten und dem Auf-

Abbildung 14: Fördermittel für Systemanalyse und Querschnittsthemen
(Daten siehe Tabelle 4)



kommen großer Datenmengen (Big Data). So können durch eine breitere Rechengrundlage beispielsweise eine größere Realitätsnähe von Modellen und umfassendere Simulationen entstehen. Diese helfen, die Wirkweise und Integration einzelner Energietechnologien präziser planen zu können. Die Entwicklung der notwendigen Werkzeuge erfolgt durch die Forschung disziplinübergreifender Verbünde.

Mit dem zunehmenden Bedarf nach Systemvernetzung und -integration rücken quelloffene Verfahren (Open Source) und offene Datenbestände (Open Data) in den Fokus der Forschung. Diese zur freien Nutzung verfügbaren Optionen sollen Modelle und Simulationen stärker an den wirklichen Marktgegebenheiten ausrichten sowie präziser und umfangreicher machen. Noch besteht hier umfangreicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf, um die Vielzahl der Softwaresysteme, Daten und Parameter sowie Programmiersprachen vergleichbar und kompatibel zu gestalten.

Auch die Sektorkopplung stellt neue Anforderungen an die systemanalytische Forschung in Bezug auf benötigtes Detailwissen und genauere Prognoseverfahren. Der flexible Austausch zwischen Strom-, Wärme-, Kälte- und Gasmarkt sowie dem Verkehr wird im Zuge der Energiewende wichtiger, um beispielsweise Power-to-X-Verfahren zu nutzen. Die Kopplung ermöglicht die Interaktion der Systemelemente über Sektorengrenzen hinweg und trägt zu einer hohen Versorgungssicherheit bei. Hierfür sind eine stärkere datentechnische Vernetzung und eine umfassendere Planungsgrundlage notwendig, um neue technische Anwendungen einzubeziehen und kurz-, mittel- und langfristige Einflussfaktoren zu berücksichtigen.

Mit der Energiewende steigt die Bedeutung sozioökonomischer Faktoren. Somit rücken diese Betrachtungen stärker in den Fokus von Modellierungen und Planungstools, zumal auf diese Weise wertvolle Hinweise entstehen können, welche Technologien und Effizienzmaßnahmen sich bei den Nutzern durchsetzen könnten.

Darüber hinaus bleibt die Potenzialanalyse von Energiesystemen, Technologien und Konzepten eine wichtige Säule der Systemanalyse. Bei der techno-ökonomischen Bewertung können Wissenschaftler ihre Modelle immer stärker verfeinern und detailgenauer darstellen. So kann die Systemanalyse die Realität besser abbilden und generiert zukunftssichere Prognosen, die eine bessere energiewirtschaftliche und -politische Planung ermöglichen.

2016 hat das BMWi 67 Projekte zur Systemanalyse mit einem Fördervolumen von rund 27 Millionen Euro neu bewilligt. Zudem sind rund 13,67 Millionen Euro in 147 bereits laufende Forschungsvorhaben geflossen (vgl. Abb. 14). Die überwiegende Mehrheit der neu gestarteten Forschungsarbeiten ist aus einem Förderaufruf des Ministeriums zu Modellierungsfragen hervorgegangen.

2.3.2 Forschungsallianz Energiewende in der IGF

Das BMWi stellt in den nächsten Jahren insgesamt 30 Millionen Euro zusätzlich aus dem Budget der Energieforschung zur Förderung von Vorhaben der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) mit Relevanz für die Energiewende zur Verfügung. Die 2016 etablierte „Forschungsallianz Ener-

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

giewende“ fördert vorwettbewerbliche Forschung und Entwicklung von Energieinnovationen für kleinere und mittlere Unternehmen (KMU) und dient als Dialogplattform und neues Kooperationsmodell der Energieforschung. Die Initiative soll eine Brücke vom Forschungslabor zur Anwendung in KMUs bilden. Die Forschungsvorhaben müssen sich den Schwerpunkten der Energieforschung des BMWi im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms zuordnen lassen. Besonderes Interesse besteht an Projekten zur Digitalisierung der Energiewende oder zur intelligenten Sektorkopplung. Der eigens implementierte Forschungsbeirat der „Forschungsallianz Energiewende“ identifiziert Forschungsvorhaben mit besonderer Relevanz für die Energiewende und schlägt diese zur Förderung vor. Der Beirat setzt sich aus Experten der Wirtschaft und Wissenschaft zusammen, die ihrerseits in der deutschen Forschungs- und Entwicklungslandschaft breit vernetzt sind. Ihm gehören Vertreter des BMWi, der AiF und der beteiligten Forschungsvereinigungen an.

Im Rahmen der „Forschungsallianz Energiewende“ sind 2016 zunächst zwei Projekte an den Start gegangen, die sich mit der leistungselektronischen Optimierung beim Formatieren von Batteriezellen und gedämmten Doppelrohrsystemen für Fernwärmenetze befassen. Neue Projektskizzen können jederzeit vorgelegt werden.

2.3.3 Sektorkopplung: Energiewende im Verkehr

Sektorkopplung, also der Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energien zur Erzeugung von Wärme, Kälte und Antriebsenergie, ist ein Thema, das auch in der Energieforschung immer mehr an Bedeutung gewinnt. Gerade im Bereich der synthetischen Kraftstoffe gibt es sowohl erhebliche Grundlagenforschungsbedarfe als auch anwendungsorientierte Forschungsfragen, die BMBF und BMWi in Angriff nehmen. Im Jahr 2016 hat das BMWi daher die Förderinitiative „Energiewende im Verkehr: Sektorkopplung durch die Nutzung strombasierter Kraftstoffe“ vorbereitet. Diese Initiative soll die stärkere Vernetzung von Energiewirtschaft, Verkehrssektor und der maritimen Wirtschaft fördern. Der Schwerpunkt der Förderinitiative liegt auf Forschungsprojekten zur Herstellung und Nutzung von alternativen, strombasierten Kraftstoffen und zur Einbindung der neuen Technologien in die Energiewirtschaft. Die Nutzung der strombasierten Kraftstoffe kann in Pkw, Lkw, Schiffen, Baumaschinen oder in stationären Industriemotoren erfolgen. Ausgehend von einem sektorübergreifenden Ansatz sollen auch Forschung und Entwicklung für maritime Systeme mit synthetischen Kraftstoffen und für Smart Microgrids in Hafengebieten gefördert werden. Die Förderbekanntmachung adressiert Forschung, Entwicklung und Demonstration innovativer Energie- und Verkehrs- beziehungsweise Transporttechnologien und setzt einen besonderen Fokus auf Anwendungen in der maritimen Wirtschaft.

Beteiligt sind neben dem Energieforschungsprogramm die Forschungsprogramme „Neue Fahrzeug- und Systemtechnologien“ und „Maritime Technologien“. Das BMWi stellt im Rahmen der Energieforschung rund 100 Millionen Euro dafür zur Verfügung.

2.3.4 Kopernikus-Projekte

Mit den Kopernikus-Projekten ist 2016 ein neuer Ansatz in der Forschungsförderung erfolgreich gestartet. Durch Kooperation von Partnern aus Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft wird eine Brücke von der Grundlagenforschung zur Anwendung im großen Maßstab geschlagen. Deshalb ist die Initiative auf eine Laufzeit von zehn Jahren angelegt; dadurch werden die Forschungsarbeiten verstetigt und sind nicht wie oft üblich auf zwei bis fünf Jahre begrenzt. Für die erste Phase stellt das BMBF 120 Millionen Euro für die anwendungsorientierte Grundlagenforschung bereit. Bis 2025 sind zwei weitere Projektphasen vorgesehen, die mit weiteren 280 Millionen Euro gefördert werden sollen. Die Mobilisierungswirkung ist erheblich: In den vier Projekten arbeiten mehr als 250 Partner zusammen.

Die Themen sind die Umwandlung überschüssiger erneuerbarer Energie in andere Energieträger wie beispielsweise Wasserstoff, die Entwicklung von Stromnetzen, die an einen hohen Anteil erneuerbarer Energien angepasst sind, die Neuausrichtung von Industrieprozessen auf das schwankende Stromangebot aus Wind und Photovoltaik sowie das Zusammenspiel von erneuerbaren und konventionellen Energien, um eine lückenlose Energieversorgung sicherzustellen.

2.3.5 Carbon2Chem

Das Projekt „Carbon2Chem“ erforscht die Umsetzung von Hüttengasen in chemische Produkte. Durch die Verwertung der Abgase der Stahlproduktion könnten allein in Deutschland bis zu 20 Millionen Tonnen des jährlichen CO_2-Ausstoßes eingespart werden. Darüber wird erstmals ein klimarelevanter CO_2-Einspareffekt erzielt.

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Zur Umsetzung der ambitionierten Ziele des auf zehn Jahre ausgerichteten Forschungsvorhabens haben sich führende deutsche Unternehmen der Chemie-, Stahl-, Energie- und Automobilbranche mit Universitäten und Forschungseinrichtungen zusammengeschlossen. In „Carbon2Chem“ wird somit eine breite Zusammenarbeit nationaler Schlüsselindustrien mit der institutionellen Forschung gefördert. Im Projekt werden sowohl die angestrebten Umsetzungsprozesse zu verschiedenen chemischen Zielprodukten, die Bereitstellung großer Mengen an regenerativ erzeugtem Wasserstoff als auch die Reinigung und Vorbereitung der Hüttengase für die Verwertung sowie die technische Umsetzung im Stahlwerk unter Berücksichtigung der ökologischen und wirtschaftlichen Bilanz erforscht. So werden umsetzungsfähige Nutzungspfade entwickelt, um nachhaltig Kraftstoffe, Dünger und Kunststoffe herzustellen.

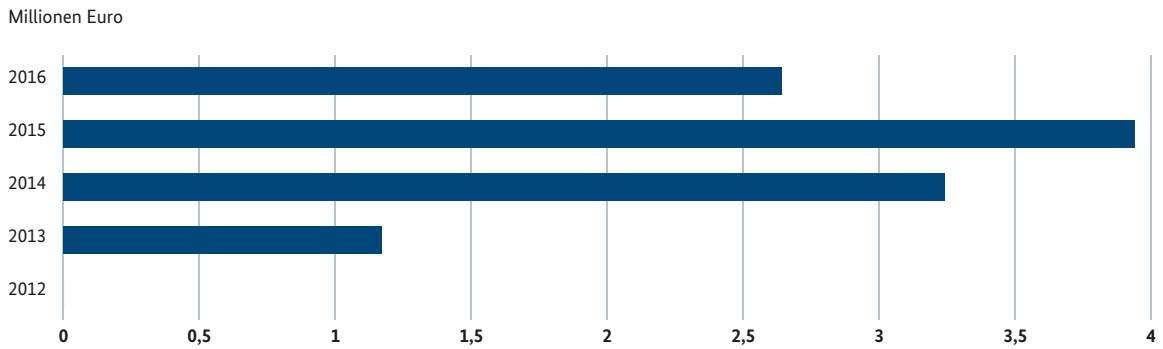
Das BMBF wird für die erste, vierjährige Förderphase des Vorhabens mehr als 60 Millionen Euro zur Verfügung stellen. Die beteiligten Partner planen Investitionen von mehr als 100 Millionen Euro bis 2025. Hiermit werden unter anderem Großlabore errichtet, die Experimente mit realen Hüttengasen ermöglichen. Weiterhin werden in der ersten Projektphase Grundlagenforschungsergebnisse in den Bereichen Elektrolyse und chemische Katalyse in anwendungsorientierte Forschung überführt.

2.3.6 Gesellschaftsverträgliche Transformation des Energiesystems

Bei der Umsetzung der Energiewende sind gesellschaftliche Aspekte von großer Bedeutung. Die Gestaltung der Energiewende gelingt nur, wenn sie die Bedürfnisse und Erwartungen der Bevölkerung, von Industrie, Handel und Kommunen – auch hinsichtlich der Fragen von Beteiligung und Gerechtigkeit – angemessen reflektiert sowie marktwirtschaftliche Erfordernisse berücksichtigt. Hier setzt die BMBF-Förderinitiative „Umwelt- und gesellschaftsverträgliche Transformation des Energiesystems“ an. Forschungsschwerpunkt ist zum einen die Darstellung und Bewertung von Entwicklungsoptionen des Energiesystems einschließlich ökonomischer Szenarien. Ein weiterer wichtiger Ansatz ist die Analyse der gesellschaftlichen Voraussetzungen für die Akzeptanz der Transformation und die aktive Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern. Genauso wichtig ist darüber hinaus der Ordnungsrahmen (Governance) von Transformationsprozessen, einschließlich ökonomischer Instrumente.

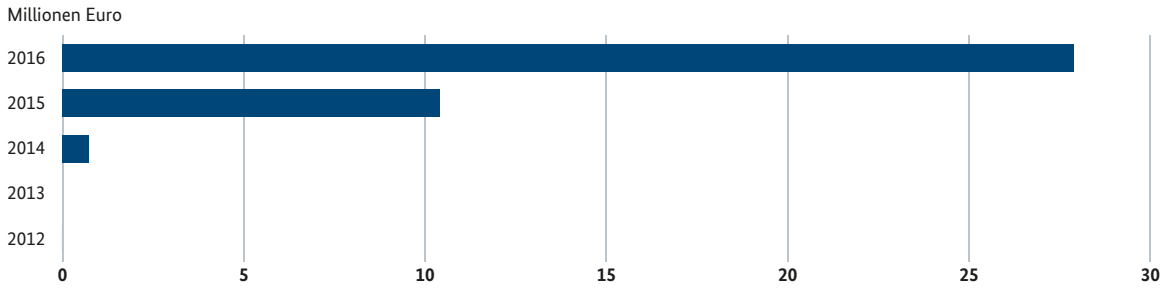
Für die insgesamt mehr als 30 geförderten Forschungsvorhaben hat das BMBF über 30 Millionen Euro Fördermittel aufgewendet (vgl. Abb. 15). Auf der Abschlusskonferenz am 4. und 5. Oktober 2016 in Berlin wurden die Projektergebnisse und deren Anwendungspotenzial in Transferworkshops präsentiert und diskutiert. In mehreren Diskussionsrunden wurden die Kernthemen vieler Forschungsprojekte aufgegriffen, wie etwa Bürgerbeteiligung bei (Infrastruktur-)Planungen, zentrale und dezentrale Energiekonzepte, Governance von Transformationsprozessen und die energetische Sanierung des Gebäudebestandes.

Abbildung 15: Fördermittel für sozial-ökologische Forschung
(Daten siehe Tabelle 5)



Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Abbildung 16: Fördermittel für Materialforschung
(Daten siehe Tabelle 5)



2.3.7 Materialforschung für die Energiewende

Im Kontext der Energiewende hat die Entwicklung und Verbesserung von Materialien für den Einsatz bei Energieerzeugung und -nutzung zentrale Bedeutung – sie bildet die Basis für innovative Energietechnologien. Diese Materialien sollen die Effizienz der Energieerzeugung optimieren und darüber hinaus Anwendungen für regenerative Energiequellen erschließen, zum Beispiel durch Lastflexibilität oder die Nutzung regenerativer Kraftstoffe. Daneben ist die Steigerung der Effizienz der Energienutzung wichtig, beispielsweise durch innovative Gebäudedämmmaterialien oder den Einsatz von Speichern. Daher hat das BMBF den Schwerpunkt „Materialforschung für die Energiewende“ bereits 2013 erfolgreich initiiert. Im internationalen Vergleich verfügt die deutsche Energieforschungslandschaft bereits über äußerst leistungsfähige Infrastrukturen. Hier setzt die Förderinitiative gezielt an, um innovative Lösungsansätze der bestehenden Strukturen mit Ideen bei Materialfragen strategisch zu vernetzen.

Das Themenspektrum der grundlagenorientierten Förderinitiative ist technologieoffen gestaltet und erstreckt sich über alle Themen im Energiebereich. Im Fokus der bisherigen Förderung stehen Photovoltaik, Windkraftanlagen, Kraftwerkstechnologien, Energiespeicher, Dämmstoffe, Brennstoffzellen und die Elektrolyse. Die Förderinitiative erfasst damit grundlegende Vorhaben, welche die Materialbasis für eine Vielzahl weiterer Entwicklungen im Bereich der Technologien für Energieerzeugung und -nutzung für die Energiewende erarbeiten.

Zur Unterstützung des wissenschaftlichen Nachwuchses werden im Rahmen der Initiative sieben Nachwuchsgruppen gefördert.

Am 5. und 6. April 2016 fand der weltweit erste internationale Zink-Luft-Batterie-Workshop statt. Er wurde durch das Projekt „Zink/Luft-Batterien mit neuartigen Materialien für die Speicherung regenerativer Energien und die Netzstabilisierung – LUZI“ organisiert. In den nächsten Jahren werden Metall-Luft-Speichersysteme eine herausragende Rolle einnehmen, jedoch sind zuvor einige Hürden bis zur Marktfähigkeit zu nehmen. Mit 106 Expertinnen und Experten aus 16 Ländern wurde der aktuelle Stand der internationalen Forschung zu Zink-Luft-Batterien diskutiert und erörtert, wie langlebige, kostengünstige und umweltfreundliche Zink-Luft-Systeme weiter verbessert werden können.

In der Förderinitiative werden 143 innovative Grundlagen-Vorhaben mit einem Fördermittelansatz von rund 90,09 Millionen Euro durchgeführt. Allein 29 Vorhaben sind mit einem Volumen von rund 19,96 Millionen Euro im Jahr 2016 gestartet. Der Mittelabfluss in der Initiative betrug 2016 etwa 27,87 Millionen Euro (vgl. Abb. 16).

2.3.8 Energy Lab 2.0

Mit dem Energy Lab 2.0 baut das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR) und dem Forschungszentrum Jülich einen energietechnischen Anlagenverbund auf. Komponenten zur Erzeugung, Wandlung und Speicherung von elektrischer, thermischer und chemischer Energie werden hierbei verknüpft und bilden gemeinsam mit bestehenden Verbrauchern ein „Reallabor“. Windparks, Geothermie-Anlagen, Elektrolyseanlagen, konventionelle Kraftwerke und industrielle Verbraucher werden informationstechnisch eingebunden. Dies erlaubt es, die verschiedenen Energienetze (Strom, Wärme, Gas, Kraftstoffe) in

einem Gesamtenergiesystem („Smart Energy System“) anwendungsnah zu untersuchen.

Ziel des Energy Lab 2.0 ist es, Effizienz- und Flexibilitätssteigerungen des Gesamtsystems zu entwickeln und hierdurch einen Beitrag zur Stabilisierung der Energienetze zu leisten.

Die Gesamtkosten belaufen sich auf circa 23 Millionen Euro und werden durch die Helmholtz-Gemeinschaft (circa 15 Millionen Euro), das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg (circa 3 Millionen Euro), das BMBF (circa 2,5 Millionen Euro) und das BMWi (circa 2,5 Millionen Euro) getragen.

2.3.9 Informationsverbreitung

Der Zugang zu übergreifenden und projektbezogenen Informationen ist ein wesentlicher Baustein, um die Transparenz der Forschungsförderung zu unterstützen. Die Bundesregierung kommt diesem Anspruch auf vielfältige Art und Weise nach.

BINE Informationsdienst

BINE Informationsdienst vermittelt projektspezifische Inhalte der von der Bundesregierung geförderten, anwendungsorientierten Energieforschung. Das umfangreiche Programm adressiert ein breites Fachpublikum von der Forschung bis zur energiewirtschaftlichen Praxis sowie Vertreter von Bildungseinrichtungen. Die Publikationen fassen Ergebnisse aus Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsprojekten zusammen. Dazu zählen Projekt- und Themeninfos sowie die Publikumsreihe. Zudem erteilt BINE Informationsdienst Fachauskünfte und ist auf ausgewählten Veranstaltungen mit einem Informationsstand präsent.

Die Redaktion betreut zudem Forschungsportale verschiedener Förderschwerpunkte des BMWi sowie der ressortübergreifenden Förderinitiativen von BMWi und BMBF. Dazu zählen Energieeffizienz in der Industrie (www.eneff-industrie.info), konventionelle Kraftwerkstechnologien (www.kraftwerksforschung.info), Förderinitiative Energiespeicher der Bundesregierung (www.forschung-energiespeicher.info), Förderinitiative „Zukunftsfähige Stromnetze“ der Bundesregierung (www.forschung-stromnetze.info), Energieoptimiertes Bauen (www.enob.info), Energieeffizienz in Städten und Quartieren sowie zu energieeffizienten Wärme- und Kältenetzen (www.eneff-stadt.info und www.eneff-waerme.info).

Auf der Webseite www.bine.info stellt die Redaktion förderlinienübergreifend Informationen zu Forschungsprojekten vor und versendet die Nachrichten parallel über den BINE Newsletter an rund 16.000 Abonnenten.

Landkarte der Energieforschung

Die Landkarte der Energieforschung (http://bmbf.prodata.de) wird vom BMBF erstellt und schafft Transparenz über die Leistungen der deutschen Energieforschung im Grundlagenbereich. Sie gibt einen detaillierten Überblick, wer wo mit welchen Mitteln an welchen Energiethemen arbeitet. Unter Energieforschung wird hierbei jede Forschung gefasst, die Beiträge zu Energiethemen leistet. Thematisch umfasst die Landkarte ein breites Spektrum, wie etwa Energie- und Effizienztechnologien, Materialforschung und Messtechnologien sowie Gesellschafts- und Sozialwissenschaften.

Fona.de

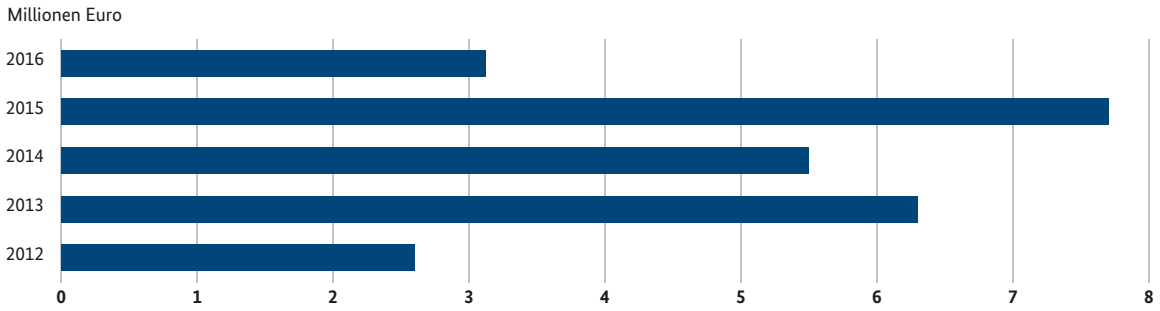
Die Nachhaltigkeitsforschung des BMBF ist ausführlich unter www.fona.de dargestellt. FONA (Forschung für Nachhaltige Entwicklung) erarbeitet Entscheidungsgrundlagen für zukunftsorientiertes Handeln und liefert innovative Lösungen für eine nachhaltige Gesellschaft. Innerhalb der drei Leitinitiativen Energiewende, Green Economy und Zukunftsstadt besitzt die Energieforschung politische Priorität. Die Internetseite bereitet Inhalte zur Nachhaltigkeitsforschung für das Fachpublikum, Wissenschaftsjournalisten und die interessierte Öffentlichkeit auf.

2.4 Fusionsforschung

Die Bundesregierung setzt zur langfristigen Sicherung der Energieversorgung in Deutschland auch auf die Fusionsforschung. Denn verantwortungsvolle Forschungsförderung schließt die Verfolgung langfristiger Entwicklungen in gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und technologischen Bereichen ein. Die Bundesregierung unterstützt deshalb weiterhin den Bau des International Thermonuclear Experimental Reactor ITER in Cadarache (Südfrankreich). ITER soll erstmals mit einem Fusionsplasma im 500-Megawatt-Bereich zehnmal mehr Energie liefern, als zur Aufheizung des Plasmas benötigt wird, und so die Machbarkeit der kontrollierten terrestrischen Energiegewinnung aus Fusionsprozessen demonstrieren. Euratom repräsentiert als einer der sieben Partner (Europa, Japan, Russland, China, Südkorea

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Abbildung 17: Fördermittel für projektbezogene Fusionsforschung
(Daten siehe Tabelle 5)



und Indien) 27 europäische Staaten mit eigenen Forschungsassoziationen und vertritt Europa im ITER-Rat. Der ITER-Rat stimmte auf seiner Sitzung Mitte November 2016 dem Vorschlag zu, den die ITER-Organisation im Herbst 2015 eingereicht hatte. Das erste Plasma soll demnach 2025 im Fusionsreaktor gezündet werden und zehn Jahre später sollen in der Anlage Deuterium- und Tritiumkerne verschmelzen.

Die Förderung der Kernfusion in Deutschland erfolgt primär im Rahmen der Programmorientierten Förderung der Helmholtz-Gemeinschaft. An diesem Programm sind das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP), das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und das Forschungszentrum Jülich (FZJ) beteiligt. Daneben hat das BMBF ein zeitlich befristetes Projektförderprogramm mit dem Fokus auf Verbundprojekten zwischen Forschungsinstituten und Industrie aufgelegt (vgl. Abb. 17).

Deutschland verfügt in der Kernfusion im internationalen Vergleich über ein herausragendes wissenschaftliches Know-how. Mit Großgeräten wie dem Tokamak ASDEX Upgrade und dem seit Ende 2015 im erfolgreichen Betrieb befindlichen Stellarator Wendelstein 7-X (beide am IPP) sowie dem Hochtemperatur-Helium-Kreislauf (HELOKA) und der Testeinrichtung für supraleitende Komponenten (TOSKA) (beide am KIT) steht eine weltweit einmalige Infrastruktur zur Verfügung. Das IPP koordiniert im Rahmen von EUROfusion (gegründet 2014) die Kernfusionsforschung von 29 Forschungsorganisationen und Universitäten in 27 europäischen Ländern.

Deutsche Industrieunternehmen setzen technologisch anspruchsvolle Aufträge für den Aufbau von ITER um, stärken ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit und profitieren von der Zusammenarbeit mit den Forschungszentren und Universitäten. Deutsche Firmen und Forschungsinstitute warben bisher Aufträge für ITER in Höhe von über 500 Millionen Euro ein.

2.5 Nukleare Sicherheitsforschung

Für den Betrieb, die Stilllegung und die Entsorgung von Kernkraftwerken und Forschungsreaktoren, ebenso wie für die Endlagerung radioaktiver Abfälle, gelten höchste Sicherheitsanforderungen. Das Atomgesetz fordert daher in §7d, dass der „fortschreitende Stand von Wissenschaft und Technik“ maßgeblich zu sein hat. Damit dies erfüllt werden kann, weist der Gesetzgeber der Forschung und Entwicklung in diesen Gebieten eine herausragende Rolle zu. Die Projektförderung im Bereich der Nuklearen Sicherheits- und Entsorgungsforschung erfolgt federführend durch das BMWi.

Die Förderung des BMWi trägt durch gezielte Investitionen in Forschung und Entwicklung dazu bei, Grundlagen bereitzustellen und langfristig und kontinuierlich den Stand von Wissenschaft und Technik weiterzuentwickeln und damit einen substanziellen Beitrag zum Aufbau, der Weiterentwicklung und dem Erhalt der wissenschaftlich-technischen Kompetenz zu leisten. Dies gilt auch und gerade vor dem Hintergrund des deutschen Ausstiegs aus der Stromerzeugung aus Kernenergie bis zum Jahr 2022, da über die Restlaufzeit der Kernkraftwerke hinaus in Deutschland weiterhin kerntechnische Anwendungen in Industrie, Forschung und in der Medizin benötigt werden. Somit sind ein Höchstmaß an fachlicher Kompetenz sowie die Verfügbarkeit fortschrittlicher Bewertungsmethoden weiterhin unabdingbare Voraussetzung für eine wissenschaftlich fundierte Sicherheitsbewertung von Kernkraftwerken und Endlagersystemen im Inland und Ausland.

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Das BMBF fördert gezielt den Kompetenzerhalt und die Kompetenzerweiterung in den Bereichen Nukleare Sicherheits- und Entsorgungsforschung und der Strahlenforschung. Im Mittelpunkt steht die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Dabei wird die Vernetzung von Wissenschaft und Industrie im Zuge der Grundlagenforschung vorangetrieben.

2.5.1 Reaktorsicherheitsforschung

Die Reaktorsicherheitsforschung ist Teil der staatlichen Vorsorge zum Schutz der Bevölkerung und der Umwelt vor den Gefahren möglicher Freisetzung radioaktiver Stoffe aus Anlagen zur Stromgewinnung aus Kernenergie. Es ist ihre Aufgabe, auch unter Ausstiegsbedingungen das Sicherheitskonzept deutscher Kernkraftwerke abzusichern und durch internationale Kooperationen Beiträge zur stetigen Weiterentwicklung der Sicherheitsstandards kerntechnischer Anlagen weltweit zu leisten.

Im Themenbereich „Anlagenverhalten und Unfallabläufe“ der Projektförderung des BMWi konnten im Jahr 2016 unter anderem zwei wichtige Vorhaben an deutschen Großversuchsanlagen in eine neue Projektphase geführt werden. Beide Vorhaben werden unter Schirmherrschaft der OECD/NEA mit signifikanter finanzieller Beteiligung internationaler Partner durchgeführt. Untersucht werden sicherheitstechnisch bedeutende Fragestellungen im Zusammenhang mit dem Betrieb, aber auch mit möglichen Stör- und Unfällen von Leichtwasserreaktoren. An der PKL-Anlage in Erlangen werden dazu Experimente zum Verhalten des Kühlkreislaufs eines Druckwasserreaktors durchgeführt. Demgegenüber steht in den Experimenten an der THAI-Anlage in Eschborn die Atmosphäre des Sicherheitsbehälters von Kernkraftwerken im Mittelpunkt. Beide Projekte konnten die Zahl der beteiligten internationalen Partnerorganisationen noch einmal erhöhen, ein Indiz für die hervorragende Qualität der Forschungsarbeiten und die hohe internationale Relevanz der betrachteten Fragestellungen.

Die Forschungsergebnisse experimenteller Vorhaben werden sowohl national als auch international dazu genutzt, moderne Rechenprogramme zu verbessern. Diese Rechenprogramme sind wichtige Werkzeuge für die Sicherheitsbewertung von Kernkraftwerken. Ein Beispiel hierfür ist das Programmsystem AC2, in dem verschiedene deutsche Rechencodes zusammengestellt wurden. AC2 und seine Programmkomponenten werden seit vielen Jahren beständig weiterentwickelt und inzwischen weltweit von Behörden, Gutachtern und Forschungseinrichtungen zur Simulation von Stör- oder Unfallabläufen in Kernkraftwerken eingesetzt. Deutsche Wissenschaftler tragen unter Nutzung von AC2 auch dazu bei, die Auswirkungen des Reaktorunfalls in Fukushima Daiichi besser zu verstehen und die japanischen Behörden so beim Rückbau der havarierten Anlagen zu unterstützen.

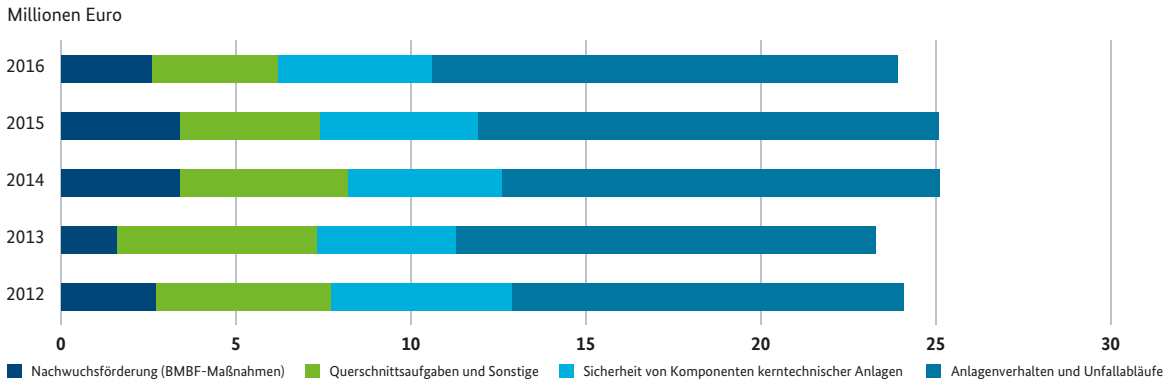
Im Themenbereich „Sicherheit von Komponenten kerntechnischer Anlagen“ wird ein breites Spektrum an Werkstoffen, Strukturen und Verfahren untersucht – von den Betonstrukturen der Gebäudehülle über metallische Komponenten im Inneren des Kernkraftwerks bis hin zu geeigneten Prüfmethoden für deren Integrität. 2016 wurden beispielsweise numerische und experimentelle Untersuchungen zum Beschuss von Stahlbetonbauteilen mit verschiedenen Modellwaffen abgeschlossen. Darüber hinaus konnten neue Erkenntnisse des Verbundes „Masterkurven für dynamische Belastungen“ in eine international bedeutende ASTM-Norm eingebracht werden, die eine Methode zur Sicherheitsbewertung von metallischen Komponenten definiert.

Im Jahr 2016 hat das BMWi 137 laufende Vorhaben zur Reaktorsicherheitsforschung gefördert und rund 180 wissenschaftliche Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen (Vollzeitäquivalente) finanziert. Neu bewilligt wurden 27 Vorhaben mit einem Fördermittelansatz von insgesamt 17,2 Millionen Euro.

Das BMBF flankiert die Forschungsförderung des BMWi mit Projekten, in denen entsprechend den Förderschwerpunkten des BMWi die wissenschaftlichen Kenntnisse auf dem Gebiet der Reaktorsicherheitsforschung vertieft und weiterentwickelt werden, und die vor allem der Ausbildung von Nachwuchswissenschaftlern/-innen dienen.

So wurden 2016 vom BMBF Vorhaben gefördert, die sich mit der messtechnischen Charakterisierung von Mehrkomponenten-Aerosolen, mit der Untersuchung von Sicherheitssystemen von Leichtwasserreaktoren, mit Sicherheitsbetrachtungen bei der Nasslagerung von Brennelementen und mit der sicherheitstechnischen Bewertung passiver Systeme zur Störfallbeherrschung befassen. Im Rahmen der laufenden Projekte wurden 40 Nachwuchswissenschaftler/-innen (Doktoranden, Postdoktoranden, Diplomanden, Masterstudenten) gefördert. Neuvorhaben wurden 2016 nicht bewilligt. Im Jahr 2016 wurden im Bereich Reaktorsicherheitsforschung Forschungsvorhaben mit Fördermitteln von rund 24,06 Millionen Euro unterstützt (vgl. Abb. 18). Davon stellte das BMWi 21,38 Millionen Euro und das BMBF 2,68 Millionen Euro bereit.

Abbildung 18: Fördermittel für Reaktorsicherheitsforschung
(Daten siehe Tabelle 6)



2.5.2 Endlager- und Entsorgungsforschung

Fördergrundlage für die Projektförderung des BMWi bildet das im Februar 2015 veröffentlichte Förderkonzept „Forschung zur Entsorgung radioaktiver Abfälle (2015–2018)“, das sich forschungspolitisch auch an Inhalten des Standortauswahlgesetzes, des Nationalen Entsorgungsprogramms und der EU-Direktive 2011/70 Euratom orientiert.

Förderziele sind das Schaffen der wissenschaftlichen Grundlagen, die Entwicklung von Methoden und Techniken, die dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen, sowie die Bereitstellung von Wissen und Expertise. Die Umsetzung erfolgt durch anwendungsorientierte, standortunabhängige Forschungs- und Entwicklungsprojekte zu allen in Deutschland relevanten Wirtsgesteinen (Salz, Ton- und Kristallingestein). Dabei spielen internationale Kooperation und Nachwuchsförderung eine wichtige Rolle.

Ergänzend zu den Forschungs- und Entwicklungsbereichen „Endlagerkonzepte und -technik“, „Kernmaterialüberwachung“ sowie „Sicherheitsnachweis“ wurden die Themen „Untersuchung der Auswirkungen verlängerter Zwischenlagerzeiten auf Abfälle und Behälter“, „Erarbeitung wissenschaftlicher Grundlagen der Standortauswahl“ und sozio-technische Fragestellungen als neue Forschungs- und Entwicklungsbereiche (FuE-Bereiche) ins Förderkonzept aufgenommen und mit der Förderung von Projekten begonnen.

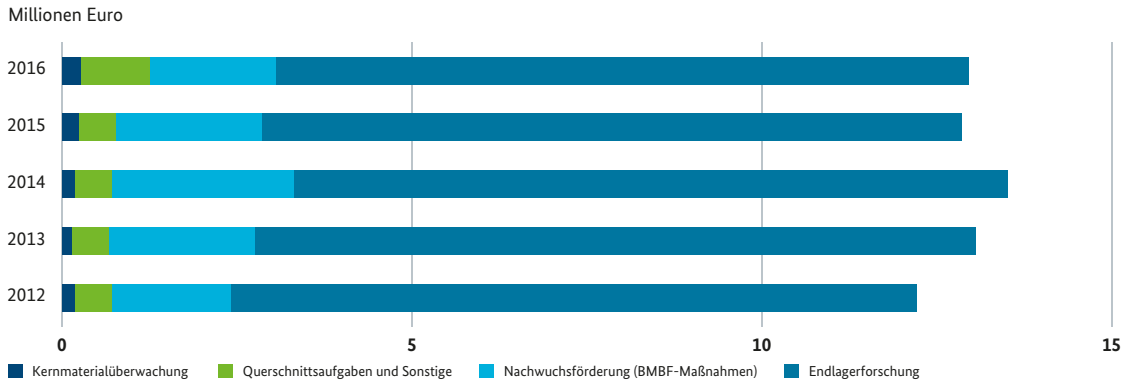
Im FuE-Bereich „Auswirkungen verlängerter Zwischenlagerzeiten auf Abfälle und Behälter“ wurde 2016 ein Verbundprojekt bewilligt, das verschiedene Messprinzipien auf ihre Eignung für die nicht invasive Überwachung des Inventars von Transport- und Lagerbehältern für wärmeentwickelnde Abfälle prüfen wird. Die Fördersumme beträgt rund 1,16 Millionen Euro.

Im FuE-Bereich „Endlagerkonzepte und Endlagertechnik“ werden Projekte gefördert, die konzeptionelle, methodische und technische Fragestellungen, unter anderem mit Hilfe von Demonstrationsversuchen, beantworten sollen. Im Jahr 2016 wurden hier fünf Neuvorhaben mit rund 0,8 Millionen Euro bewilligt. Darunter sind Vorhaben, die sich mit konzeptionellen Aspekten der Endlagerung im Kristallingestein befassen, die Fragen zur Endlagerung in tiefen Bohrlöchern und zu alternativen Entsorgungsmethoden aufgreifen. Im FuE-Bereich „Sicherheitsnachweis“ werden FuE-Projekte durchgeführt, die grundlegende Kenntnisse erarbeiten sollen, die für einen Sicherheitsnachweis erforderlich sind. Dazu zählen experimentelle Arbeiten, modelltheoretische Untersuchungen und die Weiterentwicklung des sicherheitsanalytischen Instrumentariums. Damit werden sowohl die Methodik als auch die Werkzeuge zur Führung von Sicherheitsnachweisen ständig dem fortschreitenden Stand von Wissenschaft und Technik angepasst sowie die dazu nötigen Daten und Kenntnisse vermittelt. Im Jahr 2016 wurden in diesem FuE-Bereich 14 Neuvorhaben (darunter fünf Verbünde) mit einem Fördermittelansatz von rund 6,7 Millionen Euro bewilligt.

In den FuE-Bereichen „Wissenschaftliche Grundlagen der Standortauswahl“ und „Wissensmanagement und sozio-technische Fragestellungen“ wurden 2016 keine Neuvorhaben bewilligt. Dies gilt ebenso für den FuE-Bereich „Kernmaterialüberwachung“ zu konzeptionellen, technisch-methodischen und politisch-institutionellen Fragestellungen.

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Abbildung 19: Fördermittel für Endlager- und Entsorgungsforschung
(Daten siehe Tabelle 6)



Aufgrund der globalen Bedeutung des Themas werden die Arbeiten in diesem Bereich in nationale und internationale Forschungsnetzwerke (Euratom, IAEA) eingebettet.

Internationale Kooperation war und ist eine wichtige Komponente innerhalb der FuE-Aktivitäten und wird daher im BMWi-Förderkonzept auch als wichtiger Aspekt der Förderung angesehen. Mehr als ein Drittel aller in 2016 geförderten FuE-Projekte haben direkten oder indirekten Bezug zu internationalen Kooperationsaktivitäten.

Ein weiterer wesentlicher Gesichtspunkt der Förderaktivitäten, und wichtig für den Erhalt von Kompetenz und Expertise, ist die Aus- und Weiterbildung. Im Rahmen der laufenden FuE-Projekte werden zurzeit 67 Nachwuchswissenschaftler und -wissenschaftlerinnen durch das BMWi gefördert.

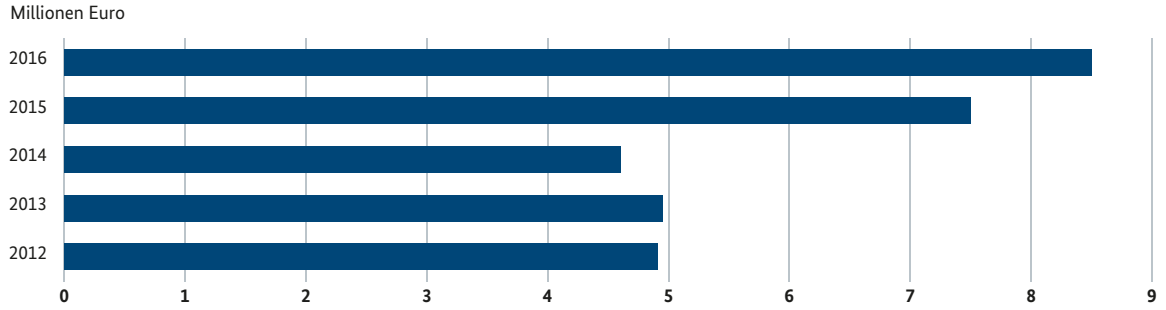
Die Themenbereiche der BMWi-Projektförderung werden durch BMBF-Forschungs- und -Entwicklungsarbeiten in der Nuklearen Sicherheitsforschung flankiert.

Im Jahr 2016 wurden im Bereich der Entsorgungsforschung sechs Verbünde mit 24 Einzelprojekten gefördert. Ein Verbundvorhaben (mit zwei Einzelprojekten) wurde 2016 neu bewilligt, das sich mit der Untersuchung des Eintrags von Radionukliden in die Umwelt und Nahrungskette durch Identifizierung möglicher Verbreitungspfade und -mechanismen befasst, um die aus einem Eintrag resultierenden Risiken insgesamt zu minimieren. Das Vorhaben kann dem FuE-Bereich „Sicherheitsnachweis“ des BMWi-Förderkonzepts zugeordnet werden.

Im Jahr 2016 förderte das BMWi im Bereich Entsorgungsforschung 96 laufende Vorhaben. Neu bewilligt wurden 21 Vorhaben mit einem Fördermittelansatz von insgesamt 8,81 Millionen Euro (vgl. Abb. 19). Durch das BMBF wurden im Jahr 2016 Forschungsvorhaben mit einem Fördervolumen von rund 1,83 Millionen Euro gefördert. In diesem Zusammenhang hat das BMBF 2016 65 Nachwuchswissenschaftler und -wissenschaftlerinnen gefördert.

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Abbildung 20: Fördermittel für Strahlenforschung
(Daten siehe Tabelle 6)



2.5.3 Strahlenforschung

Ein Schwerpunkt der Förderung des BMBF in der Nuklearen Sicherheitsforschung ist der Bereich Strahlenforschung.

Im Bereich der Strahlenforschung wurden 2016 zu strahlenbiologischen, strahlenmedizinischen und radioökologischen Fragestellungen 14 Verbünde mit 65 Einzelprojekten gefördert. Insgesamt hat das BMBF 2016 somit im Bereich Strahlenforschung circa 140 Nachwuchswissenschaftler und -wissenschaftlerinnen gefördert. Im Jahr 2016 wurden im Bereich Strahlenforschung Forschungsvorhaben mit Fördermitteln in Höhe von etwa 8,6 Millionen Euro unterstützt (vgl. Abb. 20).

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

3. Institutionelle Energieforschung der HGF

Die HGF (Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren) ist mit mehr als 38.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern und einem Jahresbudget von über 4 Milliarden Euro die größte Wissenschaftsorganisation Deutschlands. Spezifische Fragen der Energieforschung sind seit vielen Jahren wichtiger Bestandteil der HGF-Forschung. Seit 2015, dem Beginn der dritten Periode der Programmorientierten Förderung, widmen sich die Forschungszentren der HGF der Energieforschung in einem von insgesamt sechs Forschungsbereichen. Wegen ihrer Größe, der finanziellen Ausstattung, des Betriebs von großen Forschungsgeräten und Forschungsinfrastrukturen sowie nicht zuletzt der langfristig angelegten zentrenübergreifenden Zusammenarbeit nimmt die HGF-Energieforschung eine Sonderrolle innerhalb der breiten Forschungslandschaft ein.

Dabei konzentriert sich die Energieforschung der HGF auf Fragen der Grundlagenforschung, die eine Schlüsselstellung für die notwendigen technologischen und wirtschaftlichen Durchbrüche bei der Weiterentwicklung von Energietechnologien besitzt. Sie konzentriert sich auf solche Themen, die wegen ihrer Komplexität, ihrer Größe, des Bedarfs an Großgeräten und Forschungsinfrastrukturen oder der Notwendigkeit einer disziplinenübergreifenden Zusammenarbeit am besten in den Forschungszentren der HGF bearbeitet werden können. Weiter widmet sie sich der Vorsorgeforschung und Technologieentwicklungen, die für die langfristige und sehr langfristige Energieversorgung Deutschlands, Europas oder der Welt von Bedeutung sind. Schließlich soll die Erforschung von Energiesystemen das Verständnis der Transformationsprozesse beim Umbau von Energieversorgungssystemen verbessern helfen. Darüber hinaus werden in der HGF auch Energietechnologien mit konkreten Anwendungsperspektiven über die gesamte Wertschöpfungskette beforscht, soweit dafür die HGF-spezifischen Forschungsinfrastrukturen vorhanden sind oder dem Forschungsbereich Energie eine herausgehobene Schlüsselstellung mit ausgewiesenem Alleinstellungsmerkmal zukommt.

Um ihre Forschungsarbeiten und die Zusammenarbeit der Zentren zu strukturieren, arbeiten die Zentren in sieben gemeinsamen Forschungsprogrammen zusammen:

1. Energieeffizienz, Materialien und Ressourcen,
2. Erneuerbare Energien,
3. Speicher und vernetzte Infrastrukturen,
4. Zukünftige Informationstechnologien (gemeinsames Programm mit dem Forschungsbereich „Schlüsseltechnologien“),
5. Technologie, Innovation und Gesellschaft (gemeinsames Programm mit dem Forschungsbereich „Schlüsseltechnologien“),
6. Nukleare Entsorgung, Sicherheit und Strahlenforschung,
7. Kernfusion.

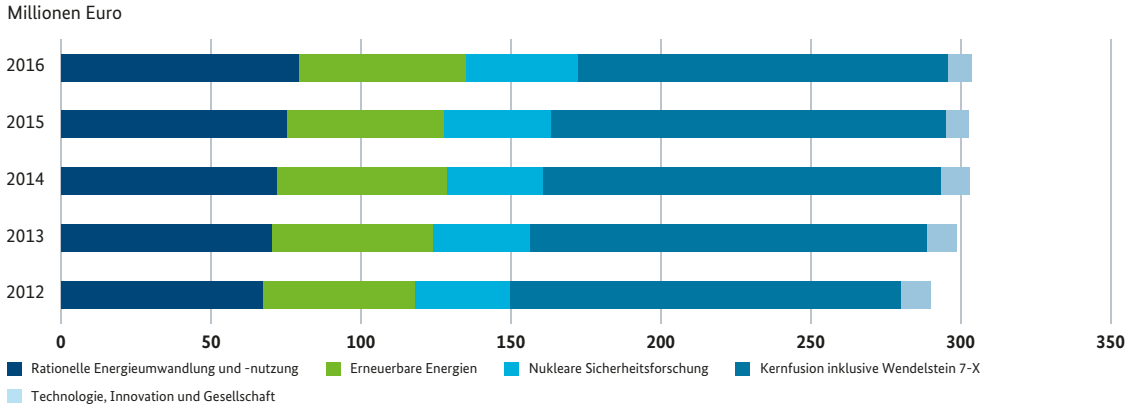
Am Forschungsbereich Energie der HGF sind die folgenden Forschungszentren beteiligt: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Forschungszentrum Jülich (FZJ), Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB), Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR), Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ), Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP), Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ).

Ende 2015 hat der Wissenschaftsrat Verfahren und Governance-Strukturen der Helmholtz-Gemeinschaft begutachtet und Empfehlungen zur Weiterentwicklung der Programmorientierten Förderung unterbreitet.[2] Diese Empfehlungen haben direkte Auswirkungen auch auf den Forschungsbereich Energie. Der Bericht des Wissenschaftsrates war Ausgangspunkt von Grundsatzdiskussionen innerhalb der HGF mit dem Ziel, die Ausrichtung der HGF strategischer und effektiver auszugestalten sowie die Programmorientierung der Verfahren insgesamt zu stärken. Der Wissenschaftsrat hat u. a. vorgeschlagen, eine neue rückblickende Qualitätsbegutachtung einzuführen, die an den gemeinsamen Forschungsprogrammen der Zentren ausgerichtet ist. Diese rückblickende Qualitätsbegutachtung zur Mitte einer Förderperiode soll die vorausschauende strategische Begutachtung der Programme am Ende einer zukünftig auf sieben Jahre verlängerten Förderperiode ergänzen. Gegenstand der Diskussionen im letzten Jahr waren die Ausgestaltung und die Umsetzung einer solchen auf wissenschaftlichen Grundsätzen basierenden und von international renommierten Wissenschaftlern durchgeführten Qualitätsbegutachtung.

2 Siehe: „Empfehlungen zur Weiterentwicklung der Programmorientierten Förderung der Helmholtz-Gemeinschaft“ des Wissenschaftsrates, (WR Drs. 4900-15)

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Abbildung 21: Themen der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren
(Daten siehe Tabelle 7)



Über die neuen Verfahren und Governance-Strukturen wird in 2017 entschieden.

Abbildung 21 zeigt für das Jahr 2016 die Verteilung der institutionellen Fördermittel für den Forschungsbereich Energie der HGF (nur Bundesanteil) im Vergleich zu den Jahren 2012 bis 2015. Mit Ausnahme des DLR erfolgt die Finanzierung der beteiligten Forschungszentren aus dem Haushalt des BMBF. Das DLR wird über den Haushalt des BMWi finanziert.

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

4. Weitere Förderaktivitäten

4.1 Aktivitäten der Bundesregierung außerhalb des Energieforschungsprogramms

4.1.1 Förderprogramm SINTEG

Die Digitalisierung ist ein großer Einflussfaktor für die Entwicklung des Energiesystems in Deutschland. Mit ihr sind große Chancen verbunden, wie der Aufbau von Smart Grid oder Smart Homes. Außerdem unterstützen intelligente Systeme einen flexibilisierten Betrieb von Energieanlagen und der Versorgungsinfrastruktur und ermöglichen so die Integration fluktuierender Erzeugungskapazitäten. Gleichzeitig müssen mit Hilfe von Forschung und Entwicklung neuartige Komponenten, Informations- und Kommunikationstechnik, Konzepte und Strukturen entstehen, um eine zuverlässige Versorgung zu gewährleisten.

Mit SINTEG fördert das BMWi fünf Schaufensterregionen bei der Forschung, Entwicklung und Demonstration innovativer Anwendungen, Strukturen und Konzepte für ein intelligentes Energiesystem der Zukunft. Das Programm adressiert zentrale Herausforderungen der Energiewende, wie die Systemintegration erneuerbarer Energien, die Flexibilisierung des Versorgungssystems sowie Sicherheit und Stabilität. Weitere Schwerpunkte sind die energiewirtschaftliche Effizienz und der Aufbau intelligenter Energienetze und Marktstrukturen.

Die Schaufenster sind im Dezember 2016 gestartet und entwickeln und demonstrieren nun in großflächigen Modellregionen skalierbare Musterlösungen. Diese sollen anschließend als „Blaupausen“ für eine breite Umsetzung in ganz Deutschland dienen. Das Ministerium unterstützt die Projektkonsortien C/sells, Designetz, enera, NEW 4.0 und WindNODE über einen Zeitraum von vier Jahren mit insgesamt über 200 Millionen Euro. Die an den Verbünden beteiligten Unternehmen steuern weitere Investitionen von über 300 Millionen Euro bei. Damit fließt mehr als eine halbe Milliarde Euro in die Digitalisierung des Energiesektors. So entstehen wichtige Impulse für die Energiewende und den Innovationsstandort Deutschland. SINTEG ist zudem Teil des Maßnahmenpakets „Innovative Digitalisierung der Deutschen Wirtschaft“ des BMWi und somit ein wichtiger Baustein zur Umsetzung der Digitalen Agenda der Bundesregierung.

4.1.2 Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie NIP

Eine nachhaltige und emissionsarme Energieversorgung erfordert langfristig die Abkehr von fossilen Brennstoffen. Damit wächst die Bedeutung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. Deutschland soll zum Leitmarkt für eine nachhaltige Mobilität und Energieversorgung werden. Das bedeutet nicht nur einen Wissens- und Technologievorsprung im internationalen Wettbewerb, sondern auch Vorbild zu sein bei umweltverträglichem und ressourcenschonendem Verkehr.

Die Marktvorbereitung von Produkten und Anwendungen auf Basis von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie hat das ressortübergreifende und auf zehn Jahre angelegte Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) sichergestellt. Von 2007 bis einschließlich 2016 haben Bundesregierung und Industrie für Forschung, Entwicklung und Demonstrationsvorhaben rund 1,4 Milliarden Euro zur Verfügung gestellt. Maßgeblich hat hierzu das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) mit 500 Millionen Euro beigetragen.

Das NIP ist Teil der Hightech-Strategie für Deutschland und ein wichtiger Baustein für die langfristige Umsetzung der Energiewende im Verkehr. Mit der sich in den Anfängen befindenden Markteinführung von Brennstoffzellenprodukten sowie dem Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur für den Verkehr gilt es nun, das NIP neu auszurichten. Unter der Federführung des BMVI hat die Bundesregierung ein ressortübergreifendes Regierungsprogramm zur Fortsetzung des NIP bis zum Jahr 2026 erstellt. Ziel ist dabei, die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie bis zur Mitte des nächsten Jahrzehnts wettbewerbsfähig im Verkehrssektor und im Energiemarkt zu etablieren.

Die Eckpunkte hierzu sind im gemeinsamen „Regierungsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie 2016–2026 – von der Marktvorbereitung zu wettbewerbsfähigen Produkten“ der Bundesministerien für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), für Wirtschaft und Energie (BMWi), für Bildung und Forschung (BMBF) und für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) dargestellt.

Gefördert werden Vorhaben im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. In den Entwicklungsprozess sollen möglichst viele Industrieunternehmen, mittelständische Betriebe, Anwender und Forschungseinrichtungen einbezogen werden. Anschauliche Demonstrationsprojekte

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

sollen die Alltagstauglichkeit von bereits einsatzfähigen Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien unter Beweis stellen. Die Forschungsgelder sind somit nicht nur Investitionen in eine saubere Umwelt, sondern auch für zukunftsfähige Arbeitsplätze in Deutschland.

Bis 2019 setzt das BMVI zunächst rund 250 Millionen Euro zur Unterstützung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie ein. Das BMWi führt seine Förderung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie im Bereich der angewandten Forschung und Entwicklung im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms mit jährlich rund 25 Millionen Euro fort.

4.1.3 EnEff.Gebäude.2050 – Innovative Vorhaben für den nahezu klimaneutralen Gebäudebestand 2050

Mit der Energieeffizienzstrategie Gebäude (ESG) hat die Bundesregierung 2015 das Ziel formuliert, den Gebäudebestand bis 2050 nahezu klimaneutral zu gestalten. Die BMWi-Förderinitiative „EnEff.Gebäude.2050 – Innovative Vorhaben für den nahezu klimaneutralen Gebäudebestand 2050“ vom 11. April 2016 soll dazu einen Beitrag leisten. Modellhafte Innovations- und Transformationsprojekte sollen zeigen, wie mit verfügbaren, aber noch nicht am Markt etablierten Technologien der Primärenergiebedarf gesenkt und Hemmnisse bei der breitflächigen Umsetzung nahezu klimaneutraler Gebäude überwunden werden können. Mit der Initiative sollen Forschung und Breitenanwendung, aufbauend auf bestehenden Forschungsergebnissen, stärker verknüpft werden. Zudem sollen im Rahmen eines Ideenwettbewerbs Konzepte für einen zukünftigen internationalen Energiewettbewerb für Gebäude und Quartiere prämiert werden, die in der Tradition des „Solar Decathlon Europe“ stehen. Das Preisgeld des Wettbewerbs liegt bei insgesamt 280.000 Euro.

Das Budget der neuen Maßnahme beträgt 35 Millionen Euro.

4.1.4 Forschungscampus – öffentlich-private Partnerschaft für Innovationen

Mit der Förderinitiative „Forschungscampus – öffentlich-private Partnerschaft für Innovationen“ fördert das BMBF im Rahmen der Hightech-Strategie gezielt großangelegte Ansätze der standortgebundenen Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft in einer langfristigen verbindlichen Partnerschaft. Es werden insbesondere Forschungsfelder von starker Komplexität und besonderen Potenzialen für Sprunginnovationen adressiert. Die beteiligten Unternehmen erhalten Zugang zum aktuellen Forschungsstand und zu den neuesten Technologien des jeweiligen Themengebietes. Die Hochschulen und Forschungseinrichtungen werden für Studierende und Unternehmen attraktiver. Die Förderung erfolgt in mehreren aufeinanderfolgenden bis zu fünfjährigen Phasen (insgesamt maximal 15 Jahre) mit bis zu zwei Millionen Euro jährlich. Im Energiebereich fördert das BMBF zwei Forschungscampi: „FEN – Flexible elektrische Netze“ in Aachen und „Mobility2Grid“ in Berlin. Das Besondere am Forschungscampus-Modell ist die enge Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft auf einem gemeinsamen Campus. Dazu wird der Forschungscampus kontinuierlich weiterentwickelt.

Das BMBF fördert seit 2014 den Forschungscampus „FEN – Flexible Elektrische Netze“ mit insgesamt fünf Vorhaben zum Thema Gleichspannungsnetze in der Mittelspannungsebene. In der ersten von drei möglichen Hauptphasen unterstützt das BMBF die Arbeiten mit insgesamt zehn Millionen Euro über eine Laufzeit von fünf Jahren.

Erforscht werden beispielsweise Verfahren und Methoden zur Planung und zum Betrieb von reinen Gleichspannungs- bzw. von hybriden Gleich-/Wechselstromnetzen. Herausragend ist der Aufbau und Betrieb eines Mittelspannungs-Gleichstrom-Forschungsnetzes auf dem Campusgelände der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (RWTH), das in dieser Form für den Einsatz in der elektrischen Energieversorgung eine absolute Neuheit darstellt. Neben den geförderten Projekten in der Mittelspannungsebene bearbeitet FEN zudem mit einem eigenen Konsortium Forschungsfragen aus dem Niederspannungsbereich. Darüber hinaus ist eine Ausweitung auch auf die Hochspannungsebene vorgesehen. Weitere Schwerpunkte bilden die Entwicklung neuartiger Betriebsmittel und Komponenten, die internationale Standardisierung von Gleichspannungsnetzen sowie sozio-ökologische Fragestellungen.

Im Verkehrssektor stützt sich die Energiewende maßgeblich auf eine umfassende Elektrifizierung. Der Forschungscampus Mobility2Grid erforscht, wie sich die Batteriekapazität von gewerblichen und privaten Elektrofahrzeugen in dezentrale intelligente Netze integrieren lässt, die auf erneuerbaren Energien basieren. Es werden sowohl grundlegende Technologien als auch Konzepte und Geschäftsmodelle erarbeitet und erprobt. Dazu hat Mobility2Grid ein „Reallabor“ auf dem EUREF-Campus in Berlin-Schöneberg aufgebaut. Hier werden die neuen Konzepte mit realen Nutzern „live“ erforscht und öffentlichkeitswirksam präsentiert.

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Das BMBF unterstützt derzeit 23 Vorhaben mit 9,8 Millionen Euro. Die erste fünfjährige Hauptphase startete am 1. Januar 2016. Als erstes Highlight ist die Eröffnung der „ZeeMo.Base“ zu nennen, eines interaktiven Showrooms, der sowohl dem potenziellen Nutzer als auch dem interessierten Laien das Zusammenspiel von Elektromobilität und Smart Grids auf dem Forschungscampus anschaulich demonstriert. Auch die digitale Vernetzung des Energiesystems und die Erweiterung des elektrifizierten Fuhrparks auf dem EUREF-Campus schreiten voran. So steht nun beispielsweise ein autonom fahrender Minibus als innovatives Testfahrzeug zur Verfügung.

4.1.5 Vom Material zur Innovation

Im BMBF-Programm „Vom Material zur Innovation“, werden ebenfalls Beiträge zur Energieforschung geleistet, zum Beispiel im Rahmen der Initiativen „Batterie 2020“ oder „NanoMatFutur“. Im Rahmen der Förderinitiative Batterie 2020 starteten Forschungs- und Entwicklungsprojekte zu Materialien und Prozessen für Batterien mit dem Anwendungsschwerpunkt für die Elektromobilität. Weiterhin konnten im Rahmen der Maßnahme auch stationäre Speicher adressiert werden. Mit dem Forschungscluster zur Batteriezellproduktion „ProZell“ wurden die an unterschiedlichen Forschungseinrichtungen in Deutschland existierenden Batteriezellfertigungslinien gebündelt, um gemeinsam den Herstellungsprozess von Batteriezellen und dessen Einfluss auf die Batteriezelleigenschaften sowie die entsprechenden Kostenmodelle wissenschaftlich zu erarbeiten. Für diese Maßnahmen wurden insgesamt 50 Millionen Euro bewilligt.

4.2 Forschungsförderung der Bundesländer

Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) führt der Projektträger Jülich nunmehr seit 2008 im jährlichen Turnus eine Analyse zu den Aufwendungen der Bundesländer für die nichtnukleare Energieforschung durch. Im Rahmen der vorliegenden Erhebung für das Jahr 2015 konnten die Aufwendungen der Bundesländer für die Projektförderung sowie die institutionelle Förderung insgesamt auf rund 267 Millionen Euro beziffert werden.

Die entsprechenden Ausgaben der Bundesregierung summieren sich auf rund 641 Millionen Euro. Die gesamtstaatliche Forschungsförderung im Bereich der nichtnuklearen Energietechnologien im Jahre 2015 beläuft sich demnach auf rund 908 Millionen Euro. Eine für das Jahr 2014 durchgeführte Umfrage hat Länderaufwendungen von 256 Millionen Euro und Bundesausgaben von 604 Millionen Euro ergeben. Zwischen den Jahren 2014 und 2015 erfährt das bundesweite Fördervolumen im Bereich der nichtnuklearen Energieforschung folglich eine Steigerung von mehr als 5 Prozent.

Abbildung 22: Aufwendungen der Bundesländer für die nichtnukleare Energieforschung 2008–2015
(Daten siehe Tabelle 9)

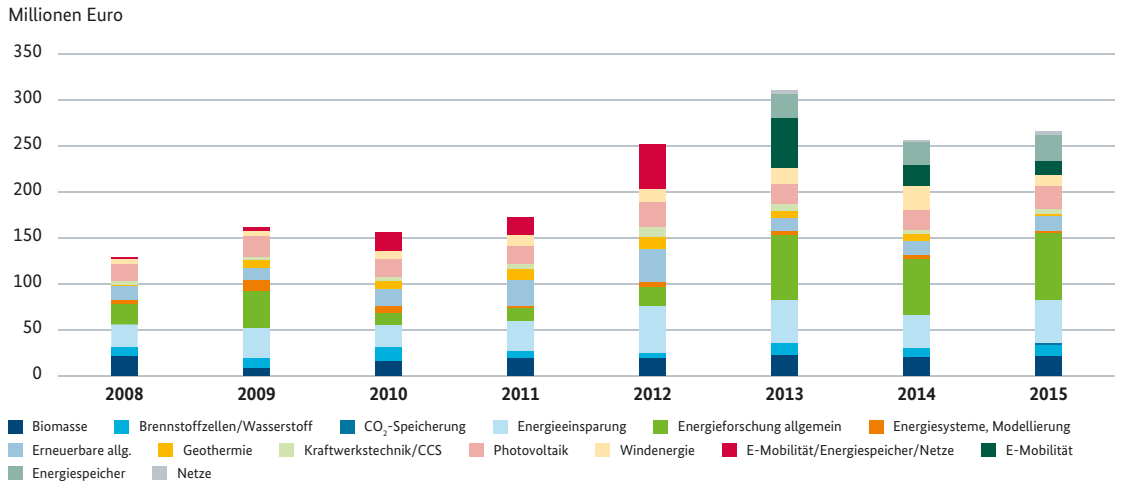
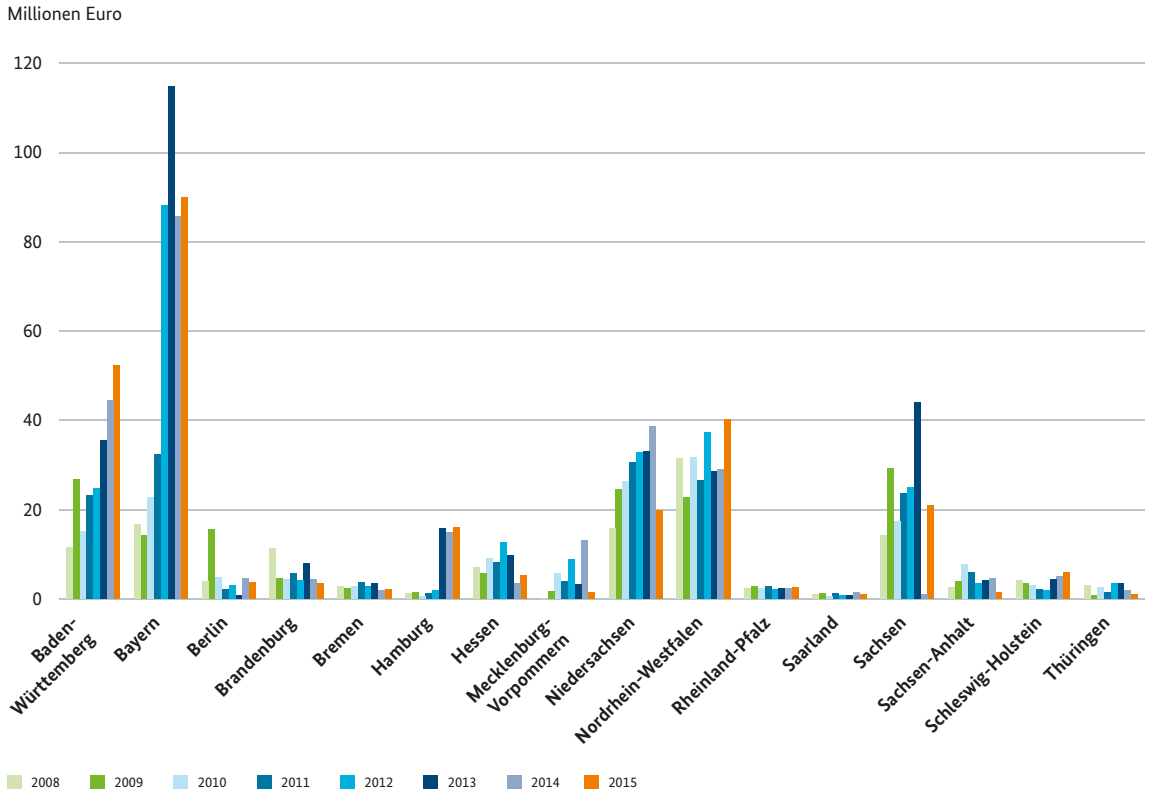


Abbildung 23: Aufwendungen für die nichtnukleare Energieforschung nach Bundesländern 2008–2015
(Daten siehe Tabelle 8)



Als tragende Säule der nationalen Energieforschungspolitik bildet die Energieeinsparung und -effizienz inklusive der Elektromobilität mit einer Mittelbereitstellung in Höhe von insgesamt 136 Millionen Euro in 2015 den übergreifenden Förderschwerpunkt der Bundesländer und hat im Vergleich zum Vorjahr (rund 118 Millionen Euro) deutlich zugenommen (vgl. Abb. 22, Seite 43). Die weitere technologische Differenzierung zeigt, dass die Schlüsseltechnologien Energiespeicher (28,1 Millionen Euro) und Stromnetze (4,3 Millionen Euro) gegenüber 2014 noch stärker gefördert werden, während die finanzielle Unterstützung für die Elektromobilität mit 15,9 Millionen Euro auf hohem Niveau rückläufig ist.

Im Bereich Regenerative Energien belaufen sich die ausgezahlten Fördermittel auf knapp 131 Millionen Euro und setzen damit die Entwicklungen der Vorjahre fort. Dabei nimmt die Photovoltaik mit 24,8 Millionen Euro den höchsten Stellenwert ein und wird in Baden-Württemberg (9,3 Millionen Euro), Bayern (8,1 Millionen Euro) und Niedersachsen (2,7 Millionen Euro) am intensivsten gefördert. Die Biomasseforschung (21,5 Millionen Euro) erfährt vor allem in den Bundesländern Bayern (8,7 Millionen Euro) und Nordrhein-Westfalen (6,5 Millionen Euro) finanzielle Unterstützung. Die im Vergleich zum Vorjahr stark rückläufige Windenergieforschung (von 27,3 auf 12,3 Millionen Euro) beschränkt sich mittlerweile nicht nur auf die nördlichen Bundesländer Niedersachsen (3,6 Millionen Euro) und Bremen (1,7 Millionen Euro), sondern wird auch in Bayern (1,8 Millionen Euro), Sachsen (1,7 Millionen Euro) und Baden-Württemberg (1,7 Millionen Euro) gefördert.

Mit einem Fördervolumen von fast 267 Millionen Euro tragen die Bundesländer 2015 rund 29 Prozent der gesamtstaatlichen Aufwendungen im Bereich der nichtnuklearen Energieforschung und liefern einen erheblichen Beitrag zur Umsetzung der Energiewende sowie der Erreichung damit verbundener energiepolitischer Zielvorgaben (vgl. Abb. 23).

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

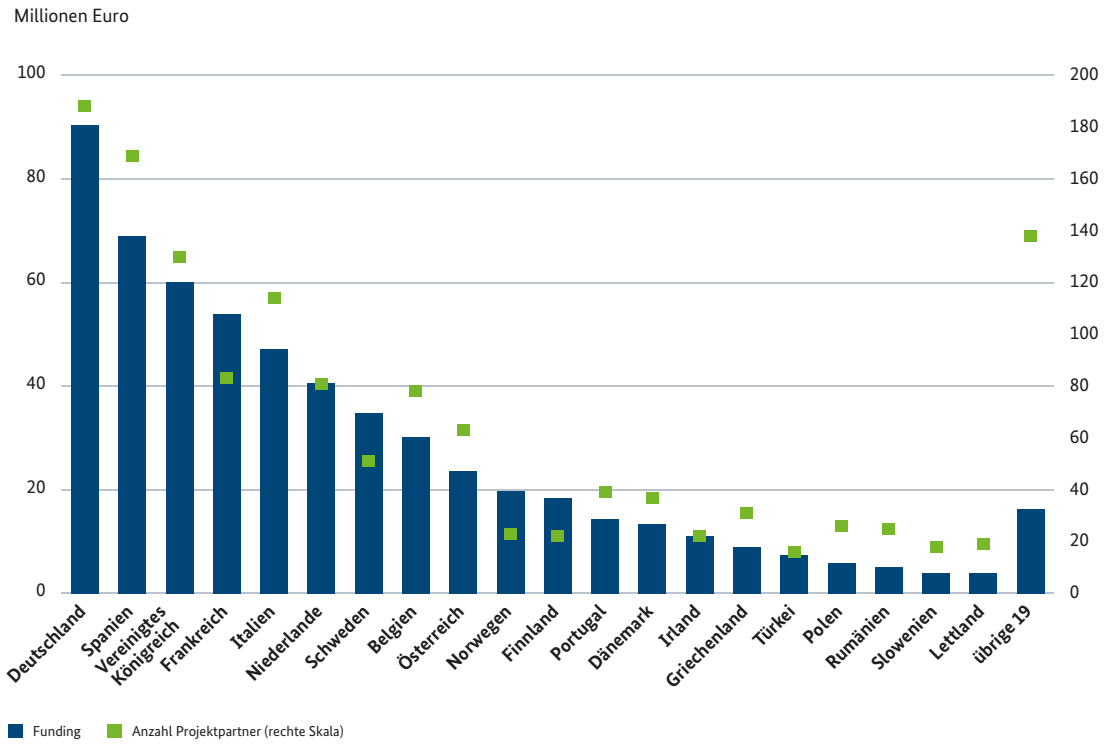
Der ausführliche Bericht „Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Bundesländer im Jahre 2015“ kann über die Website des Projektträgers Jülich (unter www.ptj.de/geschaeftsfelder/energie/laenderbericht-energie) abgerufen werden.

4.3 Forschungsrahmenprogramm der Europäischen Union

Ziel und Umfang der EU-Forschungsförderung

Die mehrjährigen Rahmenprogramme für Forschung und technologische Entwicklung der Europäischen Kommission, die seit 1984 regelmäßig aufgelegt werden, gehören zu den wichtigsten Instrumenten, die zur Verwirklichung des

Abbildung 24: Länderverteilung der Fördermittel und der Zuwendungsempfänger im Bereich der Energieforschung in „Horizont 2020“ im Jahr 2016
(Angaben der Europäischen Kommission für die direkte Projektförderung[3])



3 Die Daten sind nicht im Tabellenanhang aufgeführt. Die Daten werden regelmäßig in den einschlägigen Publikationen der Europäischen Kommission veröffentlicht.

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

europäischen Forschungsraumes beigetragen haben. Die Förderung der europäischen Energieforschung verfolgt das Ziel, ein harmonisiertes europäisches Energiesystem zu schaffen, welches nachhaltig und wettbewerbsfähig ist und gleichzeitig eine sichere Energieversorgung gewährleistet.

Im Themenbereich „Sichere, saubere und effiziente Energie“ unter „Horizont 2020“ wurden durch die Europäische Kommission rund 600 Millionen Euro für Projekte aus den Aufrufen 2015 bereitgestellt.

Erfolgreiche Beteiligung deutscher Antragsteller im Energiebereich

Antragsteller aus Deutschland waren in 2016 sehr erfolgreich bei der Akquise von Projekten. Rund 12 Prozent aller Antragsteller der geförderten Projekte im Rahmen der gesellschaftlichen Herausforderung „Sichere, saubere und effiziente Energie“ kamen aus Deutschland (vgl. Abb. 24). Besonders hoch war der Anteil von Antragstellern aus Deutschland bei geförderten Projekten im Themenfeld „Technologien für Erneuerbare Energien“ (rund 24 Prozent) und im Themenfeld „Intelligente Städte und Gemeinden“ (rund 15 Prozent).

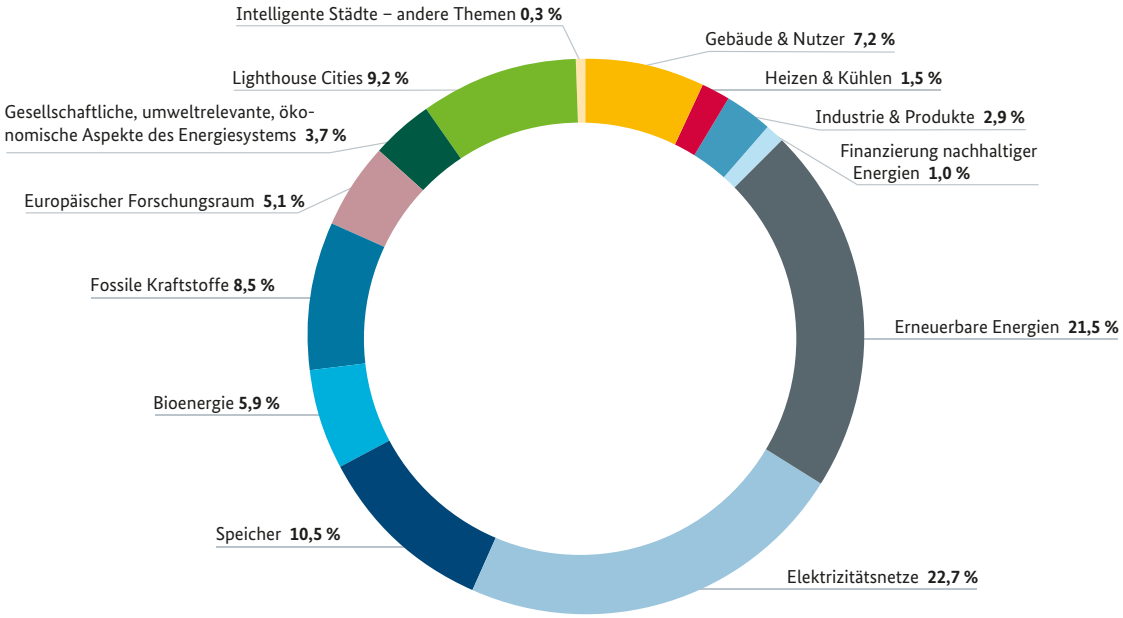
Zuwendungsempfänger aus Deutschland sind an 65 Prozent aller bewilligten Projekte mit mindestens einem Partner beteiligt und koordinieren etwa 20 Prozent aller Vorhaben. Etwa 47 Prozent der Zuwendungsempfänger aus Deutschland stammen aus Forschungsinstituten und Hochschulen. 38 Prozent kommen aus privaten Unternehmen. Die übrigen 15 Prozent der Zuwendungsempfänger verteilen sich auf öffentliche und sonstige Einrichtungen.

Schwerpunkte der Energieforschung

In Abbildung 25 ist die Verteilung von Fördermitteln an Zuwendungsempfänger aus Deutschland nach den unterschiedlichen Energiethemen im zweiten Jahr der Laufzeit von „Horizont 2020“ dargestellt. Die Zahlen zeigen einen deutlichen Fokus (50 Prozent) auf Themen aus dem Bereich der erneuerbaren Energien inklusive der Bioenergie (zusammen 27 Prozent) sowie das Thema Elektrizitätsnetze (23 Prozent). Die Themen Wasserstoff und Brennstoffzellen sind in der Abbildung nicht aufgeführt, da sie innerhalb der „Gemeinsamen Technologieinitiative für Brennstoffzellen und Wasserstoff“ – einer öffentlich-privaten Partnerschaft (ÖPP) – gefördert werden. Darüber hinaus gibt es weitere energierelevante Förderthemen, die in anderen Bereichen von „Horizont 2020“ gefördert wurden. Das betrifft beispielsweise den Gebäudesektor, die Materialforschung oder Produktionstechnologien.

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Abbildung 25: Verteilung von Fördermitteln in „Horizont 2020“ im Bereich der Energieforschung an Zuwendungsempfänger aus Deutschland nach Themenbereichen (2016)



Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

5. Tabellen

5.1 Fördermittel für Energieforschung der Bundesregierung

Die folgenden Tabellen für die Bundesförderung stellen die in den jeweiligen Haushaltsjahren für die einzelnen Förderbereiche abgeflossenen Mittel dar. Die Daten wurden im Januar 2017 erhoben.

Zusätzlich werden für das Berichtsjahr 2016 die Anzahl der laufenden (inklusive der noch nicht abgeschlossenen) Projekte und der neu bewilligten Projekte dargestellt sowie die dadurch festgelegte Fördersumme, die sich während der typischerweise mehrjährigen Projektlaufzeit auf die Folgejahre verteilt.

.

Tabelle 1: Übersicht der Themen im 6. Energieforschungsprogramm des Bundes

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro										
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Energieeffizienz	110,34	133,95	151,55	189,31	206,13	215,14	239,06	296,64	300,80	317,26	336,09
Erneuerbare Energien	120,23	126,47	152,86	202,01	210,61	221,91	258,85	298,10	303,30	323,33	328,82
Nukleare Sicherheit und Entsorgung	54,33	57,58	62,59	70,41	71,93	73,03	74,74	75,62	76,95	82,92	84,44
Fusion	114,41	121,52	125,58	142,65	131,03	137,44	133,10	138,72	138,14	139,22	126,63
Insgesamt	**399,31**	**439,52**	**492,58**	**604,37**	**619,71**	**647,52**	**705,75**	**809,09**	**819,20**	**862,73**	**875,98**

Tabelle 2: Mittelabfluss der Projektförderung im Bereich Energieumwandlung

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro					Anzahl Projekte		Fördersumme in Mio. Euro
	2012	2013	2014	2015	2016	laufend in 2016	neu bewilligt in 2016	neu bewilligt in 2016
Photovoltaik (inkl. andere Programme)	**67,08** (85,69)	**63,59** (81,16)	**58,34** (64,92)	**71,26** (73,60)	**63,99** (65,66)	**397**	**166**	**116,57**
Kristallines Silizium	30,40	30,51	26,72	36,74	36,99	230	106	88,08
Dünnschichttechnologien	15,33	12,69	11,31	10,45	8,78	77	35	18,79
Grundlagenforschung (inkl. andere Programme)	15,62 (34,23)	14,87 (32,44)	15,00 (21,59)	11,59 (13,93)	6,17 (7,84)	29	–	–
Sonstige	5,73	5,53	5,31	12,47	12,05	61	25	9,70
Windenergie	**38,42**	**52,57**	**53,06**	**53,04**	**49,69**	**322**	**93**	**86,24**
Anlagenentwicklung	2,62	15,07	21,93	25,26	18,40	110	36	53,36
Onshore	0,62	0,51	0,50	1,29	4,10	6	–	–
Offshore	3,34	12,23	12,72	7,98	9,18	65	26	14,26
Windphysik und Meteorologie	0,12	1,73	2,33	3,62	3,03	29	3	1,89
Logistik, Anlageninstallation, Instandhaltung und Betriebsführung	23,00	12,88	8,39	6,39	8,10	69	22	14,95
Umweltaspekte der Windenergie und Ökologische Begleitforschung	1,43	2,33	2,64	2,46	2,23	21	6	1,78
Sonstige	7,29	7,82	4,54	6,04	4,65	22	–	–

→

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Tabelle 2: Mittelabfluss der Projektförderung im Bereich Energieumwandlung

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro					Anzahl Projekte		Fördersumme in Mio. Euro
	2012	2013	2014	2015	2016	laufend in 2016	neu bewilligt in 2016	neu bewilligt in 2016
Bioenergie (inkl. andere Programme)	**40,86** (48,59)	**42,61** (48,68)	**42,97** (44,11)	**42,10** (43,92)	**37,88** (37,88)	**468**	**146**	**30,43**
Erzeugung – Anbau	6,91	6,31	5,98	4,43	4,69	44	32	8,02
Erzeugung – Züchtung	4,43	5,25	4,77	4,92	4,49	55	7	2,00
Konversion – Allgemein	–	–	–	0,53	5,22	43	41	9,52
Konversion – Gasförmig	4,61	4,87	5,27	6,84	4,92	53	–	–
Konversion – Flüssig	4,11	6,12	6,19	5,92	3,97	31	–	–
Konversion – Fest	2,78	0,94	0,73	1,92	2,23	36	13	2,18
Querschnitt	1,86	3,22	2,85	2,97	2,53	44	16	2,73
Grundlagenforschung (inkl. andere Programme)	8,81 (16,53)	9,99 (16,06)	12,16 (13,30)	9,89 (11,72)	6,17 (6,17)	62	–	–
Energetische Biomassenutzung	7,36	5,91	5,03	4,69	3,66	100	37	5,98
Tiefe Geothermie	**20,82**	**17,10**	**15,55**	**13,38**	**12,54**	**83**	**22**	**19,55**
Prospektion und Exploration	8,39	7,28	9,13	9,12	6,67	44	5	7,31
Warmwasser- und Dampflagerstätten	4,36	4,97	3,03	2,59	4,61	14	5	4,78
Hot-Dry-Rock	3,69	0,91	0,33	0,45	1,02	21	12	7,46
Sonstige	4,37	3,94	3,05	1,22	0,23	4	–	–
Kraftwerkstechnik und CCS-Technologien (inkl. andere Programme)	**27,54** (28,58)	**31,62** (35,09)	**29,60** (30,96)	**28,20** (28,20)	**28,52** (28,52)	**312**	**73**	**29,03**
Fortgeschrittene Kraftwerkssysteme	10,76	7,45	6,36	2,41	4,84	41	15	4,93
Komponentenentwicklung	9,18	16,52	18,19	19,19	17,53	247	58	24,10
Kohlevergasung	2,39	1,54	1,46	2,80	3,52	10	–	–
Grundlagenforschung (inkl. andere Programme)	4,54 (5,58)	3,79 (7,27)	2,86 (4,22)	1,97 (1,97)	1,36 (1,36)	–	–	–
Sonstige	0,68	2,32	0,74	1,82	1,27	14	–	–
Brennstoffzellen und Wasserstoff	**19,47**	**24,88**	**27,16**	**22,32**	**19,69**	**147**	**28**	**18,48**
NT-PEMFC	6,15	6,68	9,92	6,43	4,42	52	17	8,38
HT-PEMFC	1,30	1,75	1,21	1,01	0,77	5	–	–
MCFC	0,55	0,14	0,30	1,64	0,82	4	2	0,35
SOFC	7,40	11,10	7,84	6,53	4,27	29	9	9,74
DMFC	0,56	0,34	0,06	–	–	–	–	–
Wasserstoffspeicher	1,98	3,16	2,25	2,36	0,99	9	–	–

→

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Tabelle 2: Mittelabfluss der Projektförderung im Bereich Energieumwandlung

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro					Anzahl Projekte		Fördersumme in Mio. Euro
	2012	2013	2014	2015	2016	laufend in 2016	neu bewilligt in 2016	neu bewilligt in 2016
Wasserstofferzeugung	0,83	0,63	0,30	0,59	2,14	14	–	–
Grundlagenforschung	0,71	1,08	3,04	2,10	4,28	21	–	–
Sonstige	–	–	2,23	1,67	2,01	13	–	–
Solarthermische Kraftwerke	**7,45**	**8,41**	**9,25**	**10,09**	**8,58**	**76**	**13**	**8,90**
Parabol	3,67	2,25	1,84	0,74	2,04	25	5	4,86
Turm	2,01	2,50	3,59	4,23	2,86	30	8	4,04
Fresnel	0,68	0,63	0,82	–	–	–	–	–
Speicher	0,30	1,79	1,41	1,85	1,37	5	–	–
Sonstige	0,78	1,24	1,59	3,28	2,32	16	–	–
Wasserkraft und Meeresenergie	**0,98**	**1,25**	**1,21**	**1,68**	**2,01**	**17**	**4**	**3,51**
Gesamt (inkl. andere Programme)	**222,62** (249,99)	**242,02** (269,15)	**237,14** (246,23)	**242,06** (246,22)	**222,90** (224,57)	**1822**	**545**	**312,72**

Tabelle 3: Mittelabfluss der Projektförderung im Bereich Energieverteilung und Energienutzung

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro					Anzahl Projekte		Fördersumme in Mio. Euro
	2012	2013	2014	2015	2016	laufend in 2016	neu bewilligt in 2016	neu bewilligt in 2016
Energiespeicher (inkl. andere Programme)	**31,02** (38,90)	**59,30** (61,46)	**56,99** (57,26)	**61,59** (61,76)	**53,00** (53,00)	**395**	**109**	**56,98**
Elektrochemische Speicher	14,48	23,87	19,86	18,41	21,24	131	63	29,89
Hochtemperaturspeicher	0,47	0,47	1,52	3,51	2,16	22	–	–
Mechanische Speicher	1,19	3,26	1,53	1,97	2,48	22	11	6,15
Elektrische Speicher	0,74	0,28	0,05	2,48	4,54	36	1	0,05
Niedertemperaturspeicher	1,53	3,37	5,13	5,14	3,19	36	–	–
Grundlagenforschung (inkl. andere Programme)	10,20 (18,08)	19,37 (21,53)	17,21 (17,48)	15,61 (15,77)	10,79 (10,79)	64	–	–
Sonstige	2,41	8,67	11,70	14,48	8,61	84	34	20,90
Netze	**16,74**	**30,95**	**34,88**	**52,85**	**70,93**	**620**	**119**	**53,23**
Komponenten	1,93	10,15	12,12	13,60	17,87	145	56	29,69
Netzplanung	0,78	2,51	3,24	4,00	4,26	49	–	–
Betriebsführung	9,74	12,62	10,40	18,72	27,98	261	57	19,69
Systemstudien	0,06	1,68	3,60	2,94	1,90	18	3	2,02
Grundlagenforschung	3,06	0,49	1,26	9,46	14,02	93	–	–
Sonstige	1,17	3,50	4,26	4,12	4,90	54	3	1,83

→

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Tabelle 3: Mittelabfluss der Projektförderung im Bereich Energieverteilung und Energienutzung

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro					Anzahl Projekte		Fördersumme in Mio. Euro
	2012	2013	2014	2015	2016	laufend in 2016	neu bewilligt in 2016	neu bewilligt in 2016
Energieeffizienz in Gebäuden und Städten	**45,81**	**56,76**	**60,55**	**54,86**	**53,60**	**549**	**148**	**69,19**
(inkl. andere Programme)	(47,74)	(58,94)	(63,53)	(54,86)	(53,72)			
EnOB – Energieoptimiertes Bauen	19,65	25,50	30,95	30,86	26,33	283	75	31,91
EnEff:Stadt – Versorgungs-konzepte	7,85	9,69	9,28	9,06	11,62	106	40	19,29
EnEff:Stadt – Fernwärme	2,50	3,53	3,75	2,87	3,16	37	7	3,87
EnEff:Stadt – Kraft-Wärme-Kopplung	2,93	4,61	2,65	1,39	0,89	13	2	1,21
Niedertemperatur-Solarthermie	4,90	6,47	6,36	5,54	6,43	83	24	12,90
Solare Kälte	1,73	1,21	1,02	0,48	0,13	–	–	–
Grundlagenforschung (Wettbe-werb Energieeffiziente Stadt)	3,63	4,49	5,36	4,65	3,88	18	–	–
(inkl. andere Programme)	(3,63)	(4,49)	(5,36)	(4,65)	(4,00)			
Forschungsinitiative Zukunft Bau des BMUB (anderes Programm)	(1,93)	(2,18)	(2,98)	–	–			
Sonstige	2,62	1,25	1,19	–	1,17	9	–	–
Energieeffizienz in Industrie, Gewerbe, Handel und bei Dienst-leistungen	**30,01**	**36,38**	**34,70**	**34,85**	**33,70**	**379**	**115**	**56,57**
Maschinen-, Fahrzeugbau, Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik, EBM-Waren	10,90	14,97	16,07	14,30	9,57	104	29	19,75
Eisen- und Stahlindustrie	2,42	1,54	0,69	0,67	0,55	14	3	1,20
Gewinnung und Verarbeitung von Steinen und Erden, Feinkeramik, Glasgewerbe	2,05	2,41	1,45	0,54	1,20	15	10	5,48
Wärmepumpen, Kältemittel	1,28	2,99	2,58	3,02	3,83	23	–	–
Industrieöfen	1,19	0,83	0,67	0,99	1,41	35	18	6,80
Mechanische und thermische Trennverfahren	0,39	1,57	1,79	2,23	2,05	33	18	5,54
Chemische Industrie, Herstellung von Kunststoff- und Gummiwaren	1,52	2,79	4,05	4,81	5,46	57	14	8,68
NE-Metallindustrie	0,44	0,56	0,72	0,79	1,09	14	–	–
Wärmetauscher	2,11	1,82	1,13	1,61	1,46	10	–	–

→

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Tabelle 3: Mittelabfluss der Projektförderung im Bereich Energieverteilung und Energienutzung

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro					Anzahl Projekte		Fördersumme in Mio. Euro
	2012	2013	2014	2015	2016	laufend in 2016	neu bewilligt in 2016	neu bewilligt in 2016
Solare Prozesswärme	0,35	0,25	0,10	0,10	0,09	1	–	–
Grundlagenforschung	–	–	1,76	0,79	0,32	1	–	–
Sonstige	7,35	6,64	3,68	5,01	6,68	72	23	9,13
Gesamt	**123,57**	**183,39**	**187,11**	**204,14**	**211,24**	**1943**	**491**	**235,97**
(inkl. andere Programme)	(133,38)	(187,72)	(190,36)	(204,31)	(211,36)			

Tabelle 4: Mittelabfluss in der systemorientierten Projektförderung einschließlich Querschnittsthemen

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro					Anzahl Projekte		Fördersumme in Mio. Euro
	2012	2013	2014	2015	2016	laufend in 2016	neu bewilligt in 2016	neu bewilligt in 2016
Querschnittsthemen und Systemanalyse	**8,60**	**11,70**	**10,82**	**11,46**	**13,67**	**147**	**67**	**27,00**
Systemanalyse	1,57	2,38	3,03	3,75	7,42	108	65	26,78
Informationsverbreitung	2,49	3,27	3,33	4,09	3,74	10	–	–
Querschnittsthemen	4,10	5,38	4,13	3,35	2,42	29	2	0,21
Sonstige	0,44	0,66	0,33	0,27	0,09	–	–	–
Gesamt	**8,60**	**11,70**	**10,82**	**11,46**	**13,67**	**147**	**67**	**27,00**

Tabelle 5: Mittelabfluss in der weiteren Projektförderung BMBF

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro					Anzahl Projekte		Fördersumme in Mio. Euro
	2012	2013	2014	2015	2016	laufend in 2016	neu bewilligt in 2016	neu bewilligt in 2016
Sozial-ökologische Forschung	**–**	**1,18**	**3,25**	**3,95**	**2,64**	**36**	–	–
(inkl. andere Programme)	–	(3,08)	(8,58)	(11,11)	(4,42)			
Energiematerialien	–	–	**0,72**	**10,41**	**27,87**	**144**	**29**	**19,96**
Kopernikus-Projekte	–	–	–	–	**0,40**	**158**	**158**	**115,60**
Carbon2Chem	–	–	–	–	**8,64**	**26**	**26**	**49,05**
Projektbezogene Fusionsforschung	**2,58**	**6,29**	**5,55**	**7,70**	**3,12**	**3**	–	–
Sonstige Projektförderung des BMBF	**7,11**	**2,35**	**3,93**	**3,23**	**4,19**	**15**	**1**	**9,76**
(inkl. andere Programme)	(7,11)	(3,23)	(3,93)					
Gesamt	**9,69**	**9,82**	**13,45**	**25,29**	**46,86**	**382**	**214**	**194,38**
(inkl. andere Programme)	(9,69)	(12,61)	(18,79)	(29,22)	(44,44)			

Tabelle 6: Mittelabfluss der Projektförderung im Bereich Nukleare Sicherheitsforschung

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro					Anzahl Projekte		Fördersumme in Mio. Euro
	2012	2013	2014	2015	2016	laufend in 2016	neu bewilligt in 2016	neu bewilligt in 2016
Endlager- und Entsorgungsforschung	**12,30**	**13,23**	**13,58**	**12,95**	**13,09**	**120**	**24**	**11,10**
Endlagerforschung	9,84	10,39	10,25	10,06	9,94	88	18	7,47
Querschnittsaufgaben und Sonstige	0,54	0,53	0,53	0,54	1,06	7	3	1,34
Kernmaterialüberwachung	0,18	0,15	0,19	0,24	0,26	1	–	–
Nachwuchsförderung	1,74	2,17	2,61	2,11	1,83	24	3	2,29
Reaktorsicherheitsforschung	**24,38**	**23,43**	**25,10**	**25,22**	**24,06**	**164**	**27**	**17,24**
Sicherheit von Komponenten kerntechnischer Anlagen	5,28	4,01	4,38	4,55	4,38	41	10	2,84
Anlagenverhalten und Unfallabläufe	11,25	12,09	12,51	13,22	13,37	74	15	13,61
Querschnittsaufgaben und Sonstige	5,08	5,72	4,81	4,05	3,63	22	2	0,78
Nachwuchsförderung (BMBF-Maßnahmen)	2,77	1,62	3,39	3,39	2,68	27	–	–
Strahlenforschung – Nachwuchsförderung (BMBF-Maßnahmen)	**4,91**	**4,95**	**4,61**	**7,58**	**8,58**	**65**	**–**	**–**
Gesamt	**41,59**	**41,61**	**43,29**	**45,74**	**45,73**	**349**	**51**	**28,34**

Tabelle 7: Mittelabfluss in der Institutionellen Energieforschung

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro				
	2012	2013	2014	2015	2016
Rationelle Energieumwandlung und -nutzung	67,34	70,34	72,09	75,08	79,34
Erneuerbare Energien	50,75	53,74	56,52	52,46	55,59
Nukleare Sicherheitsforschung	31,64	32,22	32,26	35,76	37,27
Kernfusion inklusive Wendelstein 7-X	130,52	132,43	132,59	131,52	123,51
Technologie, Innovation und Gesellschaft	9,92	10,05	9,95	7,75	8,07
Insgesamt	**290,17**	**298,78**	**303,41**	**302,57**	**303,78**

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

5.2 Fördermittel für Energieforschung der Bundesländer

Die Angaben beruhen auf der Meldung der Länder aus einer regelmäßig im Auftrag des BMWi durchgeführten Abfrage. Bei Mitteln aus dem Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) wird nur der Eigenanteil der Länder berücksichtigt. Zahlen für 2016 liegen noch nicht vor.

Tabelle 8: Aufwendungen der Bundesländer für nichtnukleare Energieforschung

Bundesland	Mittelabfluss in Mio. Euro							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Baden-Württemberg	11,54	26,83	15,10	23,12	24,77	35,55	44,37	52,22
Bayern	16,67	14,14	22,64	32,28	88,13	114,82	85,61	89,98
Berlin	3,87	15,53	4,73	2,10	3,03	0,88	4,70	3,63
Brandenburg	11,34	4,65	4,37	5,81	4,03	7,86	4,40	3,54
Bremen	2,71	2,42	2,78	3,61	2,71	3,46	1,99	2,08
Hamburg	1,15	1,56	0,61	1,27	2,01	15,76	14,91	16,12
Hessen	7,02	5,77	9,10	8,12	12,57	9,63	3,48	5,17
Mecklenburg-Vorpommern	-	1,64	5,68	3,99	8,76	3,22	13,02	1,50
Niedersachsen	15,74	24,60	26,36	30,53	32,82	33,00	38,57	19,78
Nordrhein-Westfalen	31,52	22,68	31,80	26,55	37,27	28,52	28,99	40,14
Rheinland-Pfalz	2,43	2,76	2,40	2,79	2,10	2,43	2,37	2,51
Saarland	0,95	1,17	0,51	1,12	0,87	0,75	1,56	0,98
Sachsen	14,18	29,26	17,42	23,60	24,88	44,06	1,01	20,89
Sachsen-Anhalt	2,51	3,83	7,81	6,04	3,43	4,11	4,62	1,53
Schleswig-Holstein	4,12	3,54	3,10	2,08	1,83	4,28	5,15	5,97
Thüringen	3,10	0,78	2,68	1,36	3,55	3,40	1,81	0,95
Insgesamt	**128,87**	**161,14**	**157,11**	**174,39**	**252,78**	**311,74**	**256,56**	**266,99**

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.

Tabelle 9: Aufwendungen der Bundesländer für nichtnukleare Energieforschung nach Themen

Thema	Mittelabfluss in Mio. Euro							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Biomasse	21,48	7,79	15,90	18,73	18,71	22,44	20,56	21,53
Brennstoffzellen/Wasserstoff	9,47	10,86	15,14	8,11	5,40	12,29	9,82	11,46
CO_2-Speicherung	–	0,11	0,24	0,07	0,21	–	0,02	2,77
Energieeinsparung	24,86	32,19	23,74	31,66	51,35	45,58	34,73	46,10
Energieforschung allgemein	22,21	40,20	12,97	14,96	21,01	72,81	61,73	73,03
Energiesysteme, Modellierung	4,48	12,02	7,87	2,46	5,37	4,53	4,33	3,13
Erneuerbare allgemein	14,45	13,38	18,09	28,28	35,83	13,50	15,34	15,96
Geothermie	1,27	8,41	8,86	11,27	12,52	8,43	8,09	2,09
Kraftwerkstechnik/CCS	5,09	3,87	4,84	6,09	11,35	7,12	4,25	5,52
Photovoltaik	18,12	22,17	19,62	20,84	26,95	21,85	21,31	24,81
Windenergie	5,89	6,12	8,26	11,61	14,48	18,60	27,29	12,25
E-Mobilität/Stromspeicher/Netze	1,55	4,02	21,58	20,31	49,61			
E-Mobilität						54,19	22,54	15,88
Energiespeicher						25,84	24,16	28,12
Netze						4,58	2,40	4,33
Insgesamt	**128,87**	**161,14**	**157,11**	**174,39**	**252,78**	**311,74**	**256,56**	**266,99**

Vorabfassung - wird durch die endgültige Fassung ersetzt.